



TUGAS AKHIR - TE 141599

Rancang Bangun Prototipe Robot Pendeteksi Logam

Kresna Tri Jayanto Siswadi
NRP 2214105029

Dosen Pembimbing
Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.
Suwito, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - TE 141599

Design and Realization of Metal Detector Robot

Kresna Tri Jayanto Siswadi
NRP 22141051029

Supervisor
Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.
Suwito, ST., MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Rancang Bangun Prototipe Robot Pendeteksi Logam**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 20 Desember 2016

Kresna Tri jayanto Siswadi
NRP. 2214105029

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE ROBOT
PENDETEKSI LOGAM**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Elektronika
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I,



Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.
NIP: 198101182003121003

Dosen Pembimbing II,



Suwito, ST., MT.
NIP: 198101052005011004



Rancang Bangun Prototipe Robot Pendeteksi Logam

Nama : Kresna Tri Jayanto Siswadi
Pembimbing : Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.
Suwito, ST., MT.

ABSTRAK

Robot detektor logam adalah alat yang bekerja otomatis untuk mencari keberadaan logam khususnya ranjau di lokasi yang diinginkan. Robot berjalan otomatis sesuai dengan *latitude* dan *longitude* yang sudah ditentukan. Karena ranjau masih menjadi konflik dunia yang menyebabkan korban meninggal dan cacat fisik. Metode lama yaitu penjinak ranjau menyelusuri langsung daerah tersebut sangat beresiko jika tidak sengaja menginjak ranjau.

Dalam penelitian ini, sistem robot dilengkapi GPS (*Global Position System*) yang berguna untuk navigasi dengan membaca koordinat dimana robot sekarang berada. *Magnetometer* berguna untuk mengarahkan robot ketujuan dan detektor logam yang berguna mendeteksi keberadaan logam yang berkerja sesuai perubahan induktansi kumparan apabila didekatkan dengan logam. Robot berjalan dengan kontrol motor yang diprogram menggunakan ATMega32. Saat robot mendeteksi logam, maka robot akan menyampaikan informasi koordinat letak ranjau dan menandai wilayah dengan menyempatkan cat dan mendapat lokasi yaitu *latitude* dan *longitude* dimana ranjau berada menggunakan *telemetry*. Jika robot selesai ketitik *waypoint* terakhir, robot akan kembali ke-*home*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem navigasi *waypoint* mampu mengatur gerak robot. Robot dapat mencapai posisi tujuan dengan akurasi sebesar 2 meter, dengan *error Magnetometer* rata-rata sebesar 4,99%. Detektor logam dapat mendeteksi logam maksimal 15cm dari kepala detektor. Saat robot berjalan menuju *waypoint*, dari 5 logam yang diletakkan rata-rata 4 logam yang dapat terdeteksi.

Kata Kunci – Detektor logam, ATMega32, GPS, Magnetometer,

Halaman ini sengaja dikosongkan

Design and Realization of Metal Detector Robot

Name : Kresna Tri Jayanto Siswadi
Supervisor : Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.
Suwito, ST., MT.

ABSTRACT

Metal detector Robot is a tool which works automatically to search for the presence of particular metal mines in the desired location. Robot runs automatically to the latitude and longitude are specified. Because mine is still a world conflict that led to deaths and disability. The old method is deminers directly scour the area is very risky if accidentally stepped on a landmine.

In robotic system is equipped with a GPS (Global Position System) that useful for navigation, which is reading the coordinates of where robot now located. Magnetometers is useful for directing the robot to the destination and metal detector detects the presence of metal working according to changes in coil inductance when near the metal. Robot runs with motor control that is programmed using ATmega32. Robot run through areas already determined. When metal detecting robot, the robot will mark territory by spraying paint and get location of latitude and longitude where mine is locate. If the robot finish last waypoint, it will return to home.

The test results indicate that the waypoint navigation system is able to govern the motion of the robot. The robot can reach the target position with an accuracy up to 2 meters, the error of Magnetometer averages 4.99%. Metal detector can detect up to 15cm. When the robot walks towards to waypoint, from 5 metal placed, Averages 4 metal can detecting.

Keywords - Metal detectors, ATmega32, GPS, Magnetometer,

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak yang telah memberikan dukungan selama proses pengerjaan tugas akhir ini, antara lain:

1. Keluarga penulis Bapak Siswadi, Kakak Wisnu, Shinta, dan seluruh keluarga yang selalu memberikan doa, motivasi, semangat, perhatian dan kasih sayangnya.
2. Bapak Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D. dan Bapak Suwito, ST., MT., selaku dosen pembimbing serta selalu memberikan arahan dan ilmu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen bidang studi Elektronika Jurusan Teknik Elektro FTI ITS.
4. Dan seluruh teman-teman LJ Teknik Elektro, serta banyak pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu atas kebersamaannya.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini terdapat banyak kekurangan. Akhir kata semoga melalui tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat berbagi ilmu bagi pembacanya. Amin.

Surabaya, 20 Desember 2016

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 .Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Relevansi	4
BAB II TEORI PENUNJANG	5
2.1 Robot Detektor logam	5
2.2 Jenis – Jenis Detektor Logam	5
2.2.1 <i>Beat Frequency Oscillator</i> (BFO)	6
2.2.2 <i>Pulse Induction</i> (PI)	7
2.2.3 <i>Very Low Frequency</i> (VLF)	8
2.3 Ranjau Darat	9
2.4 GPS(<i>Global Positioning System</i>)	12
2.5 Mikrokontroler AVR ATmega32	14
2.5.1 Spesifikasi Mikrokontroler AVR ATmega32	14
2.5.2 Konfigurasi Pin ATmega32	15
2.6 Magnetometer	18
2.7 Op Amp	18
2.7.1 Konfigurasi Pin Op-Amp LM741	19
2.7.2 Konfigurasi Pin Op-Amp LM324	19
2.8 IC CMOS	20
2.9 Osilator Jembatan Wien	22
2.10 Filter RC (LPF)	23
2.11 <i>Pulse Width Modulation</i>	23

2.12	<i>Driver Motor</i>	24
2.13	Kontrol Proposional	26
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT		29
3.1	Diagram Blok Sistem.....	29
3.2	Desain Robot.....	30
3.3	Rangkain Detektor Logam	32
3.3.1	Rangkaian <i>Oscillator</i>	32
3.3.2	Rangkaian Deteksi Fase	34
3.3.3	Desain Kumparan.....	36
3.4	Rancangan Minimum Sistem ATmega32	38
3.5	Perancangan <i>Software</i>	39
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM		45
4.1	Pengujian Sumber Tegangan.....	45
4.2	Pengujian Detektor Logam.....	45
4.3	Pengujian Magnetometer HMC5883L	49
4.4	Pengujian GPS U-Blox 7M	51
4.5	Pengujian Desain Robot.....	52
4.6	Pengujian <i>Waypoint</i>	54
4.7	Pengujian <i>Waypoint</i> dengan Detektor Logam	56
BAB V PENUTUP		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.....		61
LAMPIRAN 63		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Cara kerja Detektor Logam BFO	7
Gambar 2.2	Cara kerja Detektor Logam PI	8
Gambar 2.3	Cara kerja Detektor Logam VLF.....	9
Gambar 2.4	Perbandingan ukuran ranjau anti personal (kiri) dengan ranjau anti tank (kanan)	10
Gambar 2.5	Bagian – bagian penyusun ranjau darat (VS-MK2).....	12
Gambar 2.6	arah robot menuju waypoint	13
Gambar 2.7	GPS Ublox 7M.....	13
Gambar 2.8	Konfigurasi <i>Pin</i> Mikrokontroler ATmega32	15
Gambar 2.9	HMC5883L.....	18
Gambar 2.10	Konfigurasi <i>Pin</i> Op-Amp LM741	19
Gambar 2.11	Konfigurasi <i>Pin</i> Op-Amp LM324	20
Gambar 2.12	Konfigurasi IC CMOS.....	21
Gambar 2.13	XOR deteksi beda fase dua sinyal	22
Gambar 2.14	Rangkaian <i>Wien Bridge Oscillator</i>	22
Gambar 2.15	Sinyal PWM.....	24
Gambar 2.16	Konfigurasi <i>Pin</i> Driver Motor L298n.....	25
Gambar 2.17	Blok Diagram Pengendali Proposional	27
Gambar 3.1	Diagram Sistem Robot.....	29
Gambar 3.2	Ilustrasi ukuran robot. tampak samping.....	30
Gambar 3.3	Ilustrasi ukuran robot. tampak atas.....	31
Gambar 3.4	Ilustrasi ukuran robot. tampak 3 dimensi.....	31
Gambar 3.5	Foto Robot	32
Gambar 3.6	rangkaian <i>oscillator Wien-bridge</i>	33
Gambar 3.7	Rangkaian deteksi fase	35
Gambar 3.8	Kumparan pemancar dan penerima	36
Gambar 3.9	Rangkaian Minimum Sistem AVR ATmega32	38
Gambar 3.10	Diagram alir program utama	40
Gambar 3.11	Diagram alir menentukan <i>heading</i>	41
Gambar 3.12	sumbu kartesian <i>arctangent</i>	42
Gambar 3.13	Diagram alir kontrol motor	43
Gambar 4.1	Sinyal oscillator dari <i>Wien bridge Oscillator</i>	46
Gambar 4.2	sinyal pemancar yang sudah di- <i>rectifier</i>	47
Gambar 4.3	Pengujian detektor logam	47
Gambar 4.4	Grafik hasil linier dari pengukuran Magnetometer.....	51
Gambar 4.5	Robot menaiki tanjakan	53
Gambar 4.6	Keadaan kepala detektor logam saat menaiki tanjakan	54

Gambar 4.7	Saat salah satu roda terdapat rintangan	54
Gambar 4.8	<i>Waypoint</i> di lapangan parkir teknik mesin	55
Gambar 4.9	jalur <i>Waypoint</i> yang diinginkan.....	55
Gambar 4.10	jalur <i>Waypoint</i> saat uji coba	56
Gambar 4.11	Pengujian robot deteksi logam (lapangan voli Pertamina ITS).....	57
Gambar 4.12	Lokasi(lapangan voli Pertamina) ditampilkan di HTerm menggunakan <i>telemetry RCTimer</i> 433MHz	58
Gambar 4.13	Saat robot mendeteksi logam (lapangan Voli Pertamina ITS).....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Fungsi Khusus <i>PortA</i>	15
Tabel 2.2	Fungsi Khusus <i>PortB</i>	16
Tabel 2.3	Fungsi Khusus <i>PortC</i>	16
Tabel 2.4	Fungsi Khusus <i>PortD</i>	17
Tabel 2.5	Karakteristik IC CMOS 4030.....	21
Tabel 2.6	Gerbang logika XOR.....	21
Tabel 3.1	Desain Kumparan.....	36
Tabel 3.2	Fungsi PortB	39
Tabel 3.3	Fungsi PortC	39
Tabel 3.4	Fungsi PortD.....	39
Tabel 4.1	Pengujian sumber tegangan	45
Tabel 4.2	Pengujian Detektor logam tanpa tanah	48
Tabel 4.3	Pengujian Detektor logam bila jarak 1cmdalam tanah.	48
Tabel 4.4	Pengujian Detektor logam bila jarak 2cmdalam tanah.	49
Tabel 4.5	Pengujian Detektor logam bila jarak 4cmdalam tanah	49
Tabel 4.6	Pengujian HMC5883L.....	50
Tabel 4.7	Pengujian GPS	51
Tabel 4.8	Pengujian robot saat menanjak.....	53
Tabel 4.9	Pengujian di lapangan parker teknik mesin.....	57
Tabel 4.10	Pengujian lapangan Pertamina sebelah timur(berumput)	57
Tabel 4.11	Pengujian di lapangan Pertamina sebelah selatan(lapangan voli).....	57

Halaman ini sengaja dikosongkan

PENDAHULUAN

BAB I

1.1. Latar Belakang

Bom dan ranjau darat yang ditanam di tanah masih menjadi masalah di daerah bekas atau yang sedang konflik. Tahun 2010 kemarin, PBB melaporkan sekitar 3.956 orang meninggal akibat ranjau dan bom bekas daerah konflik. Diperhitungkan sebanyak 26 ribu orang dari seluruh dunia terbunuh setiap tahunnya karena ranjau darat.. Jumlah ini belum termasuk korban yang terluka dan cacat akibat ranjau dan bom yang masih tertanam secara sporadis.

Metode lama yang digunakan untuk mengatasi masalah ini adalah dengan alat pendeteksi logam yang juga mampu mendeteksi keberadaan ranjau darat. Prajurit terlatih menggunakan alat pendeteksi ranjau untuk menyapu lahan dari ranjau-ranjau tersebut. Hal ini sangat beresiko jika penjinak ranjau tidak sengaja menginjak ranjau. Sudah seharusnya diciptakan robot yang bergerak otomatis untuk menandai letak ranjau. Dengan begitu penjinak akan mengetahui letak ranjau tanpa harus menelusuri daerah ranjau terlebih dahulu.

Pada jurnal [1] dibuat robot deteksi ranjau menggunakan *rotary encoder* untuk navigasi seberapa jauh robot telah melaju. Hal ini sulit diaplikasikan jika digunakan di lingkungan yang memiliki medan terjal. Karena perhitungan *rotary* menjadi tidak tepat. Bentuk roda robot juga akan kesulitan jika melaju di medan ranjau yang sebenarnya. Pada jurnal [2] robot memiliki bobot mencapai 10 kilogram. Bila robot melewati ranjau anti-personal kemungkinan memicu ledakan lebih besar. Robot ini menggunakan *Stereoscopic Cameras* sebagai navigasi. Disebutkan dalam percobaan bahwa jangkauan kamera sebatas 60cm x 90 cm. sehingga sulit dalam pencarian ranjau yang membutuhkan area lebih luas.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara membuat dan merancang sensor logam yang membedakan keberadaan logam.
2. Bagaimana cara membuat dan merancang robot detektor logam
3. Bagaimana mengkombinasikan GPS dan Magnetometer untuk mengetahui arah dan lokasi robot yang akan dituju
4. Bagaimana cara kontrol motor agar menuju titik yang diinginkan.
5. Bagaimana cara menandai suatu titik yang terdapat logam.

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di atas, batasan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Mikrokontroler yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah ATmega32 dengan bahasa pemrograman *BascomAVR*.
2. Desain Robot yang digunakan adalah jenis tank
3. Desain detektor logam menggunakan tipe VLF (*Very Low Frequency*) dan kepala detektor adalah jenis *concentric coil*.
4. Robot ini dapat dijalankan pada dataran yang rata dan cukup terjal.
5. Ranjau yang dideteksi adalah jenis anti personal yang memiliki tekanan picu ledakan lebih dari 9 kg seperti model M14, M61 dan M63.
6. Robot tidak menghindar jika terdapat halangan.

1.4. Tujuan

Tujuan kami menuliskan tugas akhir ini adalah:

1. Merancang sebuah sistem untuk pencarian ranjau dengan aman
2. Dapat menandai wilayah dimana ranjau berada
3. Pencarian ranjau dengan cara otomatis

1.5. Metodologi

1. Studi Pustaka

Melakukan studi pustaka dan observasi mengenai rancangan alat yang dibuat dari segi perangkat keras yang digunakan, perangkat lunak yang digunakan dan juga program yang digunakan guna untuk mengaktifkan alat tersebut. Kegiatan ini dilakukan dengan mengidentifikasi masalah yang akan dibahas dan mempelajari buku pedoman dari *e-book* atau jurnal yang menunjang teori atau prinsip dasar rangkaian. Selain itu, dalam kegiatan ini juga dilakukan beberapa survei lapangan atau analisa kondisi lingkungan, guna mengetahui seberapa besar alat ini mempunyai nilai kebermanfaatan jika benar-benar direalisasikan

2. Perancangan dan realisasi alat

Perancangan alat pada tugas akhir ini dimulai dari pembuatan desain mekanik robot detektor logam kemudian penentuan *actuator* dan sensor yang akan digunakan. Perancangan desain kontrol yang sesuai untuk kendali motor

3. Tahap pengujian sistem dan analisa

Pengujian alat dimulai dengan terlebih dahulu menguji respon tiap komponen. Apabila respon tiap komponen sudah sesuai, maka dilakukan penggabungan dan uji fungsi alat. Dari pengujian ini juga dilakukan penganalisaan sistem, untuk memperoleh data-data sistem, seberapa besar nilai error pada sistem

4. Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan dilakukan setelah semua tahap terselesaikan sehingga hasil yang diperoleh dari pembuatan alat dapat dijelaskan secara rinci dan spesifik sesuai dengan data-data yang diperoleh

1.6. Sistematika Laporan

Pembahasan pada laporan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu pendahuluan, teori penunjang, perencanaan dan pembuatan alat, pengujian dan analisa alat, serta penutup.

BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat yang berkaitan dengan pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.

BAB II TEORI PENUNJANG

Pada bab ini dikemukakan berbagai macam dasar teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas, antara lain meliputi teori tentang robot dektekor logam, cara kerja detektor logam, teori GPS, Magnetometer, mikontroler ATmega32, OpAmp, pengertian PWM dan driver motor.

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Membahas perencanaan dan pembuatan perangkat keras yang meliputi diagram blok system, desain robot, rangkaian-rangkaian, , dan perangkat lunak yang berupa *flowchart* yang akan digunakan untuk mengaktifkan robot tersebut.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

Membahas pengujian dan analisa data terhadap alat beserta sensor yang terdapat pada alat.

BAB V PENUTUP

Berisi penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan dari tugas akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan robot ini lebih lanjut.

1.7. Relevansi

Diharapkan dengan menyelesaikan tugas akhir ini kami bisa mendalami tentang bidang robot dalam hal perancangan dan pergerakan pada robot. Kemudian menjadi solusi pada penjinak ranjau untuk menelusuri wilayah yang terdapat ranjau darat secara optimal dan aman.

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Robot Detektor Logam

Berbagai macam penelitian tentang *mobile* robot diantaranya pada jurnal[3] *Autonomous mobile* robot yang mampu bergerak secara mandiri. sistem navigasi yang diaplikasikan diluar ruang berbasis posisi dengan metode *waypoint*. Sistem navigasi dirancang agar *autonomous mobile* robot mampu mengenali posisi dan arah berdasarkan koordinat Bumi dan mampu melakukan koreksi arah gerak. Modul GPS receiver digunakan sebagai penentu posisi, sedangkan modul magnetic compass digunakan sebagai penentu arah dalam sistem navigasi

Pada jurnal[4] telah dirancang robot yang dilengkapi dengan detektor logam guna mendeteksi keberadaan logam. Desain penggerak robot menggunakan *differential drive* untuk menentukan arah gerak robot. Robot ini dioperasikan oleh manusia dengan kendali *remote control*.

Pada jurnal[5] dan [6] telah dirancang detektor logam menggunakan jenis *Very Low Frequency* (VLF). Detektor logam ini dapat membaca berbagai macam logam sesuai dengan perbandingan besar beda fase antara kumparan pemancar dan kumparan penerima. Semakin dekat logam dengan kepala detektor, semakin besar beda fasenya.

Tingkat terbesar dalam penghapusan ranjau dapat diimplementasikan pada sistem yang sepenuhnya otomatis harus mampu melakukan semua tahapan. Namun, ini adalah tugas yang sangat kompleks dan mungkin banyak resiko . Kendaraan otomatis yaitu robot detektor logam ini harus melakukan tugas berikut untuk membantu pembersihan ranjau tugas:

- Deteksi Ranjau Darat
- Penghapusan atau menandai (untuk penghapusan lebih lanjut oleh manusia) dari ranjau darat terdeteksi
- Merencanakan jalur yang aman lapangan untuk memastikan eksplorasi penuh
- Menghindari rintangan akhirnya dalam perjalanan di bidang pembersihan ranjau otomatis

2.2 Jenis -Jenis Detektor Logam

Detektor logam adalah sebuah alat yang mampu mendeteksi keberadaan logam dalam jarak tertentu. Detektor logam dapat bekerja karena sebuah medan magnet yang dihasilkan dengan adanya arus listrik

melalui satu kumparan atau beberapa kumparan. Ada beberapa buah kumparan yang dimanfaatkan sebagai pemancar gelombang dan penerima gelombang.

Ada tiga jenis yang digunakan secara luas pada detektor logam yaitu:

1. *Beat Frequency Oscillator* (BFO)
2. *Pulse Induction* (PI)
3. *Very Low Frequency* (VLF)

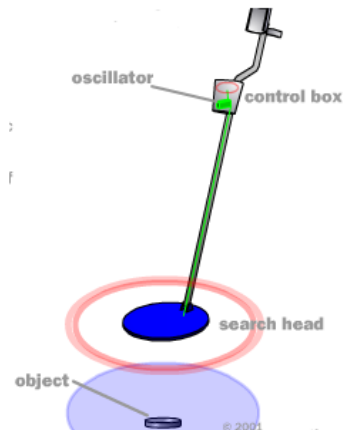
Dari ketiga jenis detektor logam tersebut, hal dasar yang membedakan adalah frekuensi yang dipakai. BFO bekerja pada frekuensi 100KHz atau lebih, PI bekerja pada frekuensi sekitar 100Hz dan VLF bekerja pada rentang frekuensi 3KHz - 30KHz.

2.2.1 *Beat Frequency Oscillator* (BFO)

Cara yang paling dasar untuk mendeteksi logam adalah menggunakan teknologi BFO. Dalam sistem BFO, ada dua kumparan kawat. Salah satu kumparan besar di kepala detektor, dan kumparan kecil terletak di dalam *control Box*. Setiap kumparan terhubung ke sebuah *oscillator* yang menghasilkan ribuan pulsa detik. Frekuensi pulsa ini memiliki sedikit *offset* antara dua kumparan.

Pulsa yang melewati setiap kumparan akan menghasilkan gelombang radio. Sebuah penerima kecil dalam *control box* mengambil gelombang radio dan menciptakan serangkaian terdengar nada (*beat*) berdasarkan perbedaan antara frekuensi.

Jika kumparan di kepala pencarian melewati sebuah benda logam, medan magnet yang disebabkan oleh arus yang mengalir melalui kumparan menciptakan medan magnet di sekitar objek. medan magnet objek mengganggu frekuensi gelombang radio yang dihasilkan oleh kumparan kepala detektor. Sebagai frekuensi menyimpang dari frekuensi kumparan di *control box*, ketukan terdengar mengubah durasi dan nada.

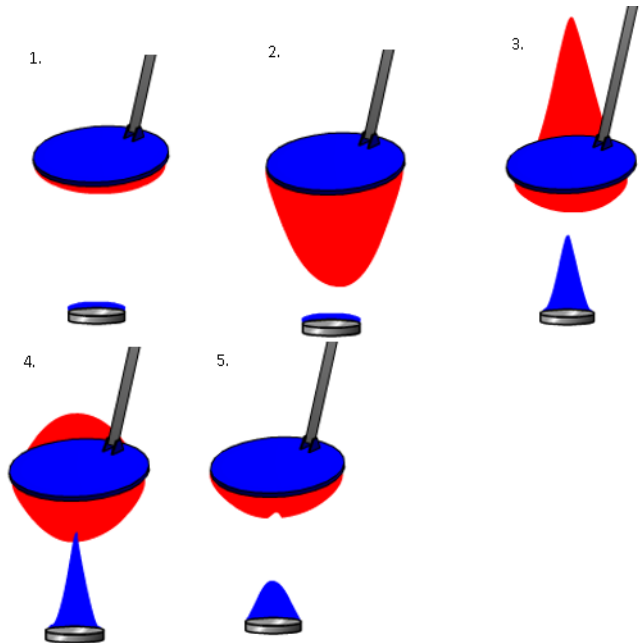


Gambar 2.1 Cara kerja Detektor Logam BFO

2.2.2 *Pulse Induction (PI)*

sistem PI menggunakan satu kumparan yang digunakan sebagai pemancar sekaligus penerima, biasanya detektor ini memiliki dua atau bahkan tiga kumparan yang bekerja sama. Teknologi ini mengirimkan kuat, ledakan singkat (pulsa) dari arus melalui kumparan kawat. Setiap pulsa menghasilkan medan magnet singkat. Ketika pulsa berakhir, medan magnet berbalik polaritas dan runtuh sangat tiba-tiba menghasilkan *spike*. *spike* ini berlangsung beberapa mikrodetik dan menyebabkan arus lain untuk menjalankan melalui kumparan. Arus ini disebut pantulan pulsa yang sangat singkat, hanya berlangsung sekitar 30 mikrodetik. pulsa lain kemudian dikirim dan diproses berulang.

Jika detektor logam melewati sebuah logam, pulsa menciptakan medan magnet yang berlawanan dengan objek. Ketika medan magnet pulsa runtuh, menyebabkan pantulan pulsa. medan magnet dari objek yang dihasilkan pantulan pulsa lama - lama akan menghilang. Proses ini bekerja seperti gema. Jika kita berteriak di sebuah ruangan dengan hanya beberapa permukaan keras, mungkin hanya mendengar gema yang sangat singkat, atau tidak mendengar apa – apa, tetapi jika kita berteriak di sebuah ruangan dengan banyak permukaan keras, gema berlangsung lebih lama. Ilustrasi seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.2 Cara kerja Detektor Logam PI

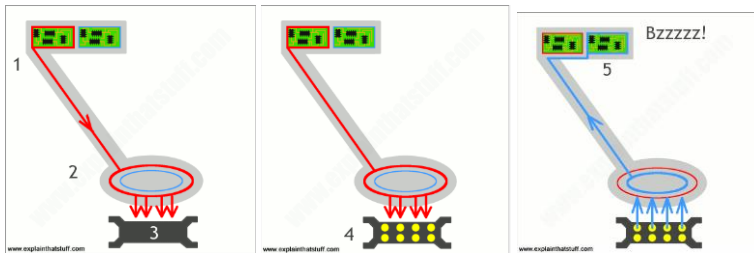
2.2.3 *Very Low Frequency (VLF)*

VLF detektor menggunakan frekuensi rendah (3-30kHz). VLF detektor menggabungkan dua kumparan yang berbeda, pemancar dan penerima. Kumparan pemancar adalah kumparan lingkaran luar dan berisi kumparan kawat. Arus bolak-balik dikirim sepanjang kawat ini untuk menghasilkan medan magnet. kumparan penerima adalah *kumparan* yang bertindak sebagai penerima

Cara kerja detektor logam VLF

1. Pada rangkaian pemancar terdapat *oscillator* yang mengalir ke kumparan pemancar (merah)
2. Ketika listrik mengalir melalui kumparan pemancar, menciptakan medan magnet.
3. medan magnet menembus benda logam
4. Medan magnet membuat aliran arus listrik di dalam benda logam.

5. arus listrik yang mengalir ini menciptakan medan magnet lain di sekitar objek. lalu medan magnet akan diterima kumparan penerima (biru) yang bergerak ke atas. Medan magnet membuat aliran listrik di sekitar kumparan penerima dan naik ke rangkaian penerima (biru).



Gambar 2.3 Cara kerja Detektor Logam VLF

Pada penelitian ini kepala detektor menggunakan jenis *concentril coil*.

2.3 Ranjau Darat

Ranjau darat adalah alat peledak yang ditanamkan di permukaan atau dalam tanah dan akan meledak ketika disentuh atau diinjak oleh sebuah kendaraan, orang, atau binatang. Ranjau darat digunakan untuk mengamankan daerah yang diperebutkan dan untuk membatasi pergerakan lawan dalam perang. Secara taktis, peran ranjau seperti kawat berduri atau tembok kendaraan gigi naga, yaitu untuk mengarahkan pergerakan musuh ke tempat di mana musuh dapat dihadapi dengan lebih mudah. Dari sudut pandang militer, ranjau darat dapat digunakan sebagai pengali pasukan, maksudnya, dapat membantu pasukan yang terorganisir mengalahkan musuh yang pasukannya lebih besar.

Ada dua jenis ranjau darat:

- Ranjau Anti-Tank (AT)
- Ranjau Anti Personal (AP)

Fungsi dasar kedua jenis ranjau darat ini sama, tetapi ada beberapa perbedaan penting pada kedua ranjau ini. Ranjau AT biasanya lebih besar dan berisi beberapa kali lebih banyak bahan peledak dari pada ranjau AP. Ada banyak bahan peledak dalam AT untuk menghancurkan tank atau truk serta membunuh orang-orang di dalam atau di sekitar kendaraan.

Ranjau AP lebih kecil yang bertujuan hanya membunuh dan melukai orang.

Lebih dari 350 tipe ranjau darat yang sudah ada. Misal berbagai tipe ranjau AT yaitu AC NM AE T1, ATM-72, M1, M1A1, M4 dan M15. Ranjau AT memiliki diameter atau panjang 20 – 35cm dan memiliki picu ledakan 100-600kg. Sedangkan tipe ranjau AP seperti M14, M61, M63, PMN, TS-50, T-AB-1 AP dan VS-MK2. Ranjau AP memiliki diameter atau panjang 5-12cm dan memiliki picu ledakan sekitar 9-18kg.



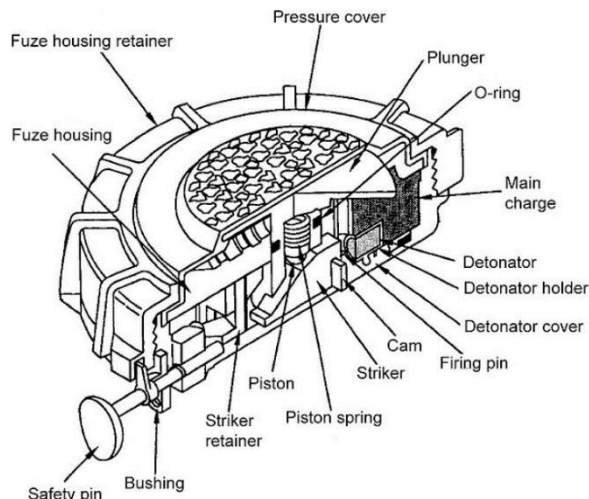
Gambar 2.4 Perbandingan ukuran ranjau Anti Personal (kiri) dengan ranjau anti tank (kanan)

Dari cara meledaknya ranjau darat dibagi beberapa bagian:

1. *Blast Mines*, adalah yang paling simple dari semua ranjau darat lainnya. Cara Penggunaan hanya perlu diletakkan di tempat yang ditentukan, lalu tunggu sampai dipicu dan akhirnya meledak.
2. *Fragmentation Mines*, ranjau ini butuh persiapan ketika menggunakannya. Mekanismenya adalah dengan memasang semacam tali atau kawat di bagian atas ranjau kemudian mengikatkannya ke sebuah benda, tiang atau kayu. Ketika ada yang menyentuh kawat tersebut maka akan memicu ledakan ranjau.
3. *Bounding Fragmentation Mines*, Jenis ranjau ini hampir sama dengan fragmentation mine biasa. Dipasang dengan mekanisme tali jerat yang sama. Perbedaannya ketika ia dipicu, maka ranjau ini akan mengeluarkan semacam mekanisme melompat secara otomatis lalu meledak. Tidak seperti fragmentation mine yang meledak di tanah, ranjau darat ini bisa meledak di udara yang artinya bisa menghasilkan daya rusak yang lebih besar.

4. *Directional Fragmentation Mines*, ranjau ini memiliki kesamaan yaitu bisa dipicu dengan jebakan kabel. Tapi, versi terbarunya bisa dikendalikan dengan remot kontrol. Daya hancur *directional fragmentation* ini sangat berbeda, pasalnya ia tidak meledak. Ketika dipicu, ranjau akan menembakkan bola-bola baja berukuran kecil ke satu arah dengan kecepatan yang luar biasa.
5. *Scatterable Mines*, *scatterable* dipasang dengan cara disebar begitu saja. Biasanya ia dilemparkan dari pesawat atau ditembakkan ke tempat tertentu. *Scatterable* tak meledak saat diinjak, justru ketika diangkat dari tanah barulah ia meledak ranjau satu ini biasanya berbentuk unik dan menarik perhatian untuk diambil.
Bagian bagian dari ranjau darat yaitu:
 1. ***Belleville spring*** - Sepotong baja melengkung berbentuk seperti donat, yang digunakan untuk bantalan beban berat.
 2. ***Black powder*** - Sebuah mesiu digunakan sebagai bahan peledak, biasanya terbuat dari kalium nitrat atau natrium nitrat, arang dan belerang.
 3. ***Delay element*** - Sebuah senyawa kimia yang membakar untuk waktu yang ditetapkan sebelum membakar sumbu atau bahan peledak.
 4. ***Detonator*** - Sejumlah kecil bahan peledak yang digunakan untuk menyalakan peledak dalam jumlah besar.
 5. ***Firing pin*** - pin logam yang dipaksa turun ke detonator ketika diaktifkan ranjau .
 6. ***Fuse*** - Sebuah bahan yang mudah terbakar digunakan untuk menyalakan muatan bahan peledak.
 7. ***Igniter*** -Sebuah batang logam (dalam berlari ranjau) yang menonjol dari tanah, memicu ranjau ketika menginjak itu, juga disebut **striker**.
 8. ***Magnetic mine*** - Sebuah ranjau dilengkapi dengan magnet, dipicu oleh benda logam besar yang langsung memasuki wilayah.
 9. ***Main charge*** - dari jumlah besar bahan peledak di ranjau yang menyebabkannya meledak.
 10. ***Percussion cap*** - Sebuah senyawa kimia diledakkan dengan memukul atau tekanan untuk itu
 11. ***Pressure plate*** - cakram logam di atas ranjau yang menekan dan memicu ketika saya menginjak.

12. **Projectiles** - Metal bola atau pecahan kaca ditempatkan di ranjau menyebabkan korban luka-luka yang lebih besar (di casing logam ranjau juga dapat menjadi proyektil setelah ranjau meledak).
13. **Propelling charge** - Sejumlah kecil bahan peledak diletakkan di bawah ranjau yang melompat-lompat untuk mendorong ke udara.
14. **Safety pin/clip** - Sebuah pin ditempatkan di ranjau untuk mencegah kemungkinan diaktifkan jika tidak digunakan.

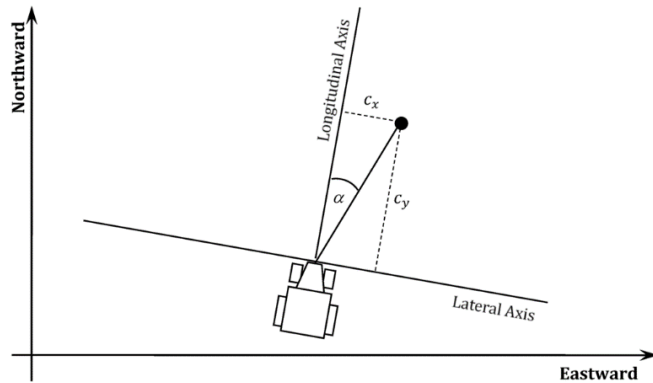


Gambar 2.5 Bagian – bagian penyusun ranjau darat (VS-MK2)

2.4 GPS (Global Positioning System)

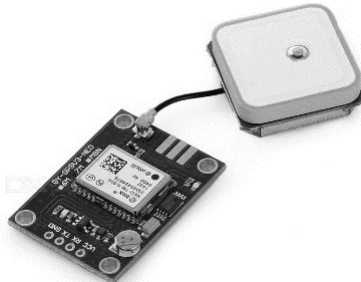
GPS (Global Positioning System) adalah sistem navigasi yang menggunakan satelit. Didesain menyediakan posisi secara instan, kecepatan dan informasi waktu di hampir semua tempat di muka bumi, setiap saat dan dalam kondisi cuaca apapun. Sistem navigasi menjadi bagian terpenting, terutama pada robot agar mampu bergerak secara mandiri. Sistem navigasi pada robot dapat diartikan sebagai suatu kemampuan untuk memandu pergerakan dari suatu posisi ke posisi lain yang dituju melalui penentuan posisi dan arah geraknya.

Robot ini bergerak hanya di luar ruang berbasis posisi dengan metode *waypoint*. Navigasi *waypoint* adalah suatu metode untuk mengatur gerak dari suatu posisi ke posisi lain yang dituju, dengan mengasumsikan setiap posisi dalam proses pergerakannya menjadi suatu titik dalam sistem koordinat tertentu (*latitude* dan *longitude* bila berdasarkan sistem koordinat Bumi).



Gambar 2.6 arah robot menuju waypoint

Sistem navigasi menggunakan modul GPS *receiver* Neo Ublox 7M sebagai penentu posisi dan modul *magnetic compass* HMC5883L sebagai penentu arah. Data dari kedua modul tersebut diproses oleh mikrokontroler pemroses utama. Untuk dapat mengatur kerja motor DC sebagai penggerak robot dan mikrokontroler sebagai pemroses utama.



Gambar 2.7 GPS Ublox 7M

2.5 Mikrokontroler AVR ATmega32

Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) merupakan pengontrol utama standar industri dan riset saat ini. Hal ini dikarenakan berbagai kelebihan yang dimilikinya dibandingkan dengan mikroprosesor, yaitu murah, dukungan software dan dokumentasi yang memadai, dan membutuhkan komponen pendukung yang sangat sedikit. Salah satu tipe mikrokontroler AVR untuk aplikasi standar yang memiliki fitur memuaskan ialah ATmega32.

Mikrokontroler atau mikroprosesor adalah suatu piranti yang digunakan untuk mengolah data-data biner (*digital*) yang di dalamnya merupakan gabungan dari rangkaian-rangkaian elektronik yang dikemas dalam bentuk suatu *chip* (IC). Pada umumnya mikrokontroler terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut: alamat (*address*), data, pengendali, memori (*RAM* atau *ROM*), dan bagian *input-output*.

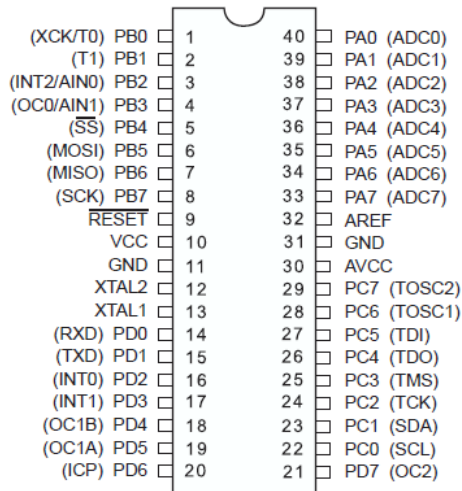
2.5.1 Spesifikasi Mikrokontroler AVR ATmega32

Fitur-fitur pada mikrokontroler ATmega32 antara lain:

- a. Saluran I/O ada 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*.
- b. ADC 10 bit sebanyak 8 *channel*.
- c. CPU yang terdiri dari 32 buah *register*.
- d. *Watchdog Timer* dengan osilator *internal*
- e. Dan fitur-fitur lain yang mempermudah dalam penggunaan.
- f. Tegangan kerja berkisar 4-5 V.
- g. Memori Flash 16 *Kbytes* untuk program
- h. Memori EEPROM 1 *kbytes* untuk data
- i. Memori SRAM 1 *kbytes* untuk data
- j. 20 *interrupt*
- k. Satu 16-bit *timer* dan dua 8-bit *timer*
- l. Komunikasi serial melalui SPI dan USART
- m. *Analog komparator*
- n. 4 I/O PWM
- o. Fasilitas *In System Programming (ISP)*

2.5.2 Konfigurasi Pin ATmega32

Gambar di bawah ini merupakan susunan kaki standar 40 *Pin* Dari DIP mikrokontroler AVR ATmega32. Berikut ini adalah penjelasan dari beberapa pin yang digunakan dalam rangkaian yang telah dibuat.



Gambar 2.8 Konfigurasi *Pin* Mikrokontroler ATmega32

- VCC merupakan *Pin* masukan positif catu daya.
- GND sebagai *Pin* ground.
- Port A* (PA0...PA7) merupakan *Pin* I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai *Pin* masukan ADC.

Tabel 2.1 Fungsi khusus *Port A*

<i>Port Pin</i>	Fungsi Khusus
PA0	ADC0 (ADC input channel 0)
PA1	ADC1 (ADC input channel 1)
PA2	ADC2 (ADC input channel 2)
PA3	ADC3 (ADC input channel 3)
PA4	ADC4 (ADC input channel 4)
PA5	ADC5 (ADC input channel 5)
PA6	ADC6 (ADC input channel 6)
PA7	ADC7 (ADC input channel 7)

- d. Port B (PB0 ... PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Timer/Counter, Komparator Analog, dan SPI.

Tabel 2.2 Fungsi Khusus *Port B*

<i>Port Pin</i>	Fungsi Khusus
PB0	T0 = timer/counter 0 external counter input
PB1	T1 = timer/counter 0 external counter input
PB2	AIN0 = analog comparator positive input
PB3	AIN1 = analog comparator negative input
PB4	SS = SPI slave select input
PB5	MOSI = SPI bus master output / slave input
PB6	MISO = SPI bus master input / slave output
PB7	SCK = SPI bus serial clock

- e. *Port C* (PC0...PC7) merupakan *Pin I/O* dua arah dengan fungsi khusus yaitu TWI, komparator *Analog*, dan *Timer Oscillator*. Selain itu, dua *pin port C* (PC6 dan PC7) juga memiliki fungsi sebagai *oscillator* untuk *timer/counter*.

Tabel 2.3 Fungsi Khusus *Port C*

<i>Port Pin</i>	Fungsi Khusus
PC0	SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)
PC1	SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PC2	TCK (JTAG Test Clock)
PC3	TMS (JTAG Test Mode Select)
PC4	TDO (JTAG Test Data Out)
PC5	TDI (JTAG Test Data In)
PC6	TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)
PC7	TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)

- f. *Port D* (PD0...PD7) merupakan *Pin I/O* dua arah dengan fungsi khusus yaitu komparator *Analog*, interupsi *eksternal*, dan komunikasi serial. Merupakan 8-bit *directional port I/O*. Setiap *pinnya* dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). *Output buffer Port D* dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display LED* secara langsung. *Data Direction Register port D* (DDRD) harus diatur terlebih dahulu

sebelum *Port D* digunakan. Bit-bit *DDRD* diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin port D* yang bersesuaian sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, *pin-pin port D* juga memiliki untuk fungsi khusus seperti yang dapat dilihat dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Fungsi Khusus *Port D*

<i>Port Pin</i>	Fungsi Khusus
PD0	RDX (UART <i>input line</i>)
PD1	TDX (UART <i>output line</i>)
PD2	INT0 (<i>external interrupt 0 input</i>)
PD3	INT1 (<i>external interrupt 1 input</i>)
PD4	OC1B (Timer/Counter1 <i>output compareB match output</i>)
PD5	OC1A (Timer/Counter1 <i>output compareA match output</i>)
PD6	ICP (Timer/Counter1 <i>input capture pin</i>)
PD7	OC2 (Timer/Counter2 <i>output compare match output</i>)

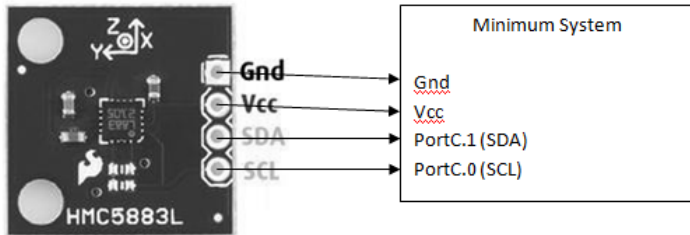
- g. *Reset* merupakan *pin* yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler. RST pada *pin* 9 merupakan reset dari AVR. Jika pada *pin* ini diberi masukan *low* selama minimal 2 *machine cycle* maka system akan di-reset.
- h. XTAL1 dan XTAL2 sebagai *Pin* masukan *clock eksternal*. XTAL1 adalah masukan ke *inverting oscillator amplifier* dan *input* ke *internal clock operating circuit*. XTAL2 adalah *output* dari *inverting oscillator amplifier*.
- i. AVCC sebagai *Pin* masukan tegangan untuk ADC. Kaki ini harus secara *eksternal* terhubung ke Vcc melalui *lowpass filter*.
- j. AREF sebagai *Pin* masukan tegangan referensi bagi A/D Converter. Untuk operasionalisasi ADC, suatu *level* tegangan antara AGND dan Avcc harus diberikan ke kaki ini.

AGND adalah kaki untuk analog *ground*. Hubungkan kaki ini ke GND, kecuali jika *board* memiliki *analog ground* yang terpisah.

2.6 Magnetometer

Sensor HMC5883L ini adalah sensor yang sangat sensitif sekali terhadap rotasi dan arah hadap sensor, dikarenakan sensor ini menggunakan medan magnet sebagai acuan dari pendeteksiannya. Sensor

ini memiliki port koneksi ke mikrokontroler yaitu SDA, SCL, VCC dan GND, sehingga port I²C adalah port I/O dari sensor ini, jika dihubungkan ke port mikrokontroler maka dihubungkan ke PortC.0 (SCL) dan PortC.1 (SDA).



Gambar 2.9 HMC5883L

Karakteristik Sensor HMC5883L adalah *magnetometer* 3 axis 12 bit, dengan *range* yang direkomendasikan yaitu ± 0.88 , ± 1.3 , ± 1.9 , ± 2.5 , ± 4.0 , ± 4.7 , ± 5.6 , ± 8.1 *gauss*, sensor bekerja optimal pada suhu -30°C sampai 85°C

2.7 Op Amp

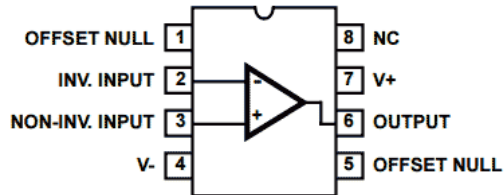
Penguat operaasional adalah suatu rangkaian elektronika yang di kemas dalam bentuk rangkaian terpadu (IC). Perangkat ini sering di gunakan sebagai penguat siny-sinyal, baik yang linier maupun non linier terutama dalam system-sistem pengaturan dan pengendalian, instrumentasi, komputasi analog. Keuntungan dari pemakaian penguat operasional ini adalah karakteristiknya yang mendekati ideal sehingga dalam merancang rangkaian yang menggunakan penguat ini lebih mudah dan juga karena penguat ini bekerja pada tingkatan yang cukup dekat dengan karakteristik kerjanya.

1. Karakteristik utama sebuah penguat operasional yang ideal adalah : Impedansi masukan yang tak terhingga
2. Impedansi keluaran sama dengan nol
3. Penguatan *Loop* terbuka tak terhingga

2.7.1 Konfigurasi Pin Op-Amp LM741

LM741 adalah salah satu IC (Integrated Circuit) Op-Amp (Operational Amplifier) yang memiliki 8 pin. Op-Amp banyak

digunakan dalam sistem analog komputer, penguat video/gambar, penguat audio, osilator, detector dan lainnya

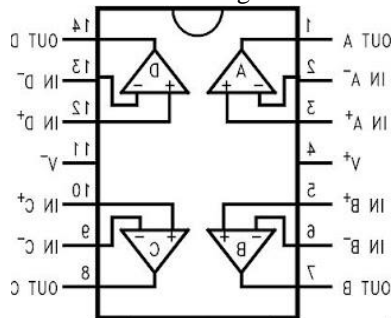


Gambar 2.10 Konfigurasi *Pin* Op-Amp LM741

- pin 2 *Inverting* sinyal *input*
- pin 8 *No Connect*. Harus dalam keadaan mengambang (tidak O/I)
- pin 3 *Noninverting* signal *input*
- pin 1, 5 *Offset null* pin digunakan untuk mengeliminasi offset voltage dan menyeimbangkan *input voltage*
- pin 6 sinyal output
- pin 7 *supply voltage* positif
- pin 4 *supply voltage* negative

2.7.2 Konfigurasi *Pin* Op-Amp LM324

IC LM324 merupakan IC Operational Amplifier, IC ini mempunyai 4 buah op-amp yang berfungsi sebagai comparator. IC ini mempunyai tegangan kerja antara +5 V sampai +15V untuk +Vcc dan -5V sampai -15V untuk -Vcc. Adapun definisi dari masing-masing pin IC LM324 adalah sebagai berikut :



Gambar 2.11 Konfigurasi *Pin* Op-Amp LM324

- a. Pin 1,7,8,14. (Output) Merupakan sinyal output.
- b. Pin 2,6,9,13. (Inverting Input) Semua sinyal input yang berada di pin ini akan mempunyai output yang berkebalikan dari input.
- c. Pin 3,5,10,12. (Non-inverting input) Semua sinyal input yang berada di pin ini akan mempunyai output yang sama dengan input (tidak berkebalikan).
- d. Pin 4 (+Vcc). Pin ini dapat beroperasi pada tegangan antara +5 Volt sampai +15 Volt.
- e. Pin 11 (-Vcc). Pin ini dapat beroperasi pada tegangan antara -5 Volt sampai -15 Volt.

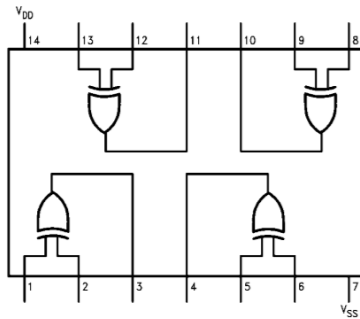
2.8 IC CMOS

Complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) atau semikonduktor-oksida-logam komplementer, adalah sebuah jenis utama dari rangkaian terintegrasi. penggunaan IC CMOS konsumsi daya yang diperlukan sangat rendah dan memungkinkan pemilihan tegangan sumbernya yang jauh lebih lebar yaitu antara 3 V sampai 15 V. level pengsaklaran CMOS merupakan fungsi dari tegangan sumber. Makin tinggi sumber tegangan akan sebesar tegangan yang memisahkan antara keadaan “1” dan “0”.

Kelemahan IC CMOS diantaranya seperti kemungkinan rusaknya komponen akibat elektrostatik dan harganya lebih mahal. Perlu diingat bahwa semua masukan (input) CMOS harus di-*ground*-kan atau dihubungkan dengan sumber tegangan. IC jenis ini berisi rangkaian yang merupakan gabungan dari beberapa komponen MOSFET untuk membentuk gerbang dengan fungsi logika. IC Gerbang logika yang menggunakan CMOS ditandai dengan kode 40 (seri 40xx).

Logika dari IC CMOS diwakili oleh tegangan maksimalnya catu yang diberikan. Bila catu yang diberikan adalah 15 V maka logika ‘1’ akan diwakili oleh tegangan maksimal sebesar 15 V. Sedangkan untuk logika ‘0’ diberikan tegangan 0V.

Salah satu IC CMOS adalah IC4030 merupakan IC yang memuat rangkaian logika XOR. CMOS 4030 memiliki empat gerbang XOR yang terpisah dengan masing-masing 2 *input*



Gambar 2.12 Konfigurasi IC CMOS 4030

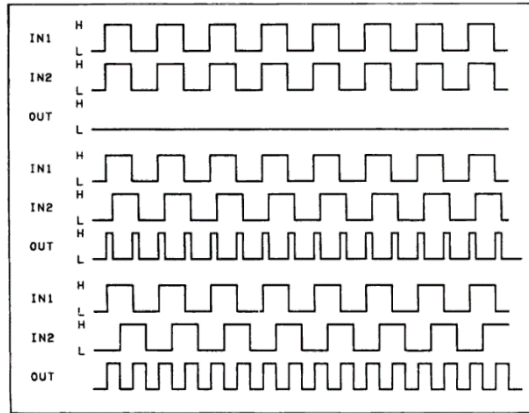
Tabel 2.5 Karakteristik IC CMOS 4030

Data	5V	10V
<i>Cycle delay</i>	140 ns	65 ns
<i>Powerconsumption at 1 MHz</i>	0.2 mA	0.4 mA
<i>Operating voltage</i>	3 - 15 V	
<i>Max. operating frequency</i>	50 Mhz	
<i>Temperature</i>	-40 - +85 °C	
<i>Pins</i>	14	

Tabel 2.6 Gerbang logika XOR

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

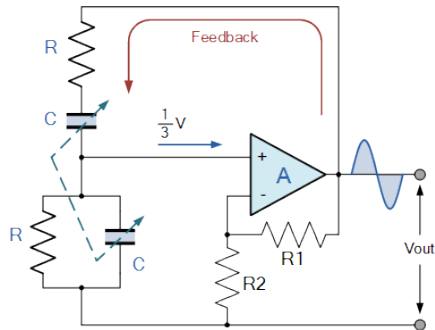
Jika gerbang Logika XOR diberi *input* berupa sinyal kotak dan dibandingkan maka hasilnya akan seperti gambar berikut:



Gambar 2.13 XOR deteksi beda fase dua sinyal

2.9 Osilator Jembatan Wien

Wien Bridge Oscillator biasa digunakan untuk membangkitkan frekuensi tanpa memerlukan sinyal input, dengan jangkauan frekuensi dari 5 Hz sampai kira-kira 1 MHz. Osilator ini menggunakan umpan balik negative dan umpan balik positif. Umpan balik positif di *feed back* melalui input *non inverting*, sedangkan umpan balik negatif melalui input *inverting*.



Gambar 2.14 Rangkaian *Wien Bridge Oscillator*

Syarat yang harus dipenuhi untuk membangun rangkaian osilator jembatan wien ini adalah penentuan besarnya Resistor dan Kapasitor penentu frekuensi output. Untuk selanjutnya kita sebut komponen penentu frekuensi ini masing-masing dengan R dan C. Untuk rangkaian

ini besarnya R dan C diatur sedemikian rupa sehingga frekuensi outputnya minimal sebesar 1 KHz. Sebab bila kurang dari 1 KHz maka akan menyebabkan rangkaian menjadi tidak stabil, akibatnya pembacaan menjadi tidak akurat dan terpengaruh waktu.

Adapun frekuensi output dari rangkaian Osilator Jembatan Wien ini ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$f_r = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2.1)$$

f_r = Frekuensi resonansi

R = Resistor

C = Kapasitor

2.10 Filter RC (LPF)

Low Pass Filter (LPF) atau Filter Lolos Bawah adalah filter yang hanya melewatkan sinyal dengan frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi cut-off (f_c) dan akan melemahkan sinyal dengan frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi cut-off (f_c). Pada filter LPF yang ideal sinyal dengan frekuensi diatas frekuensi cut-off (f_c) tidak akan dilewatkan sama sekali artinya tegangan output adalah 0 volt. Rangkaian low pass filter RC merupakan jenis filter pasif, dengan respon frekuensi yang ditentukan oleh konfigurasi R dan C yang digunakan. Rangkaian dasar LPF dan grafik respon frekuensi LPF sebagai berikut.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2.2)$$

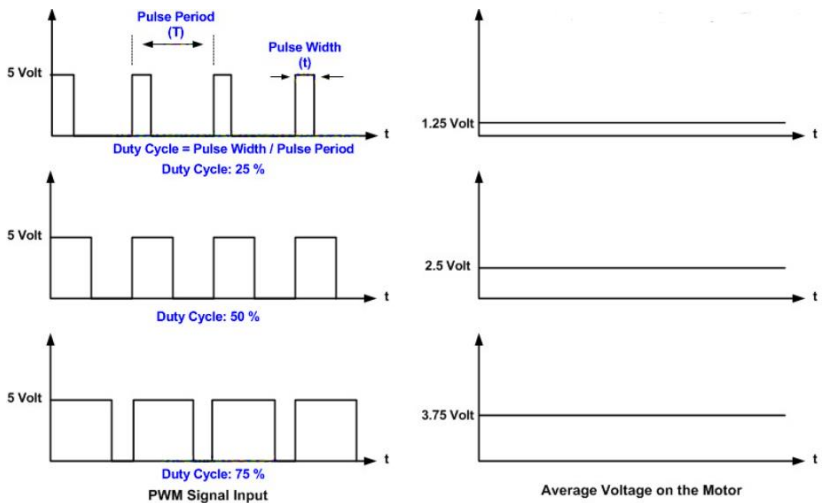
f_c = Frekuensi cut-off

R = Resistor

C = Kapasitor

2.11 Pulse Width Modulation

PWM adalah suatu sinyal yang dikirim dengan frekuensi tetap namun dapat memiliki panjang pulse yang berbeda-beda dalam setiap periodenya. Perbedaan ini biasanya disebut dengan Duty cycle, yaitu perbandingan lama pulse dengan keseluruhan periode sinyal. Duty cycle dinyatakan dalam persen. PWM adalah istilah yang biasanya disebut sebagai sinyal keluaran (output) analog. Caranya adalah dengan mengubah tegangan rata-rata setiap periodenya.



Gambar 2.15 Sinyal PWM

Pada penelitian ini fungsi PWM digunakan sebagai pengontrol kecepatan motor DC. PWM mengatur kecepatan motor DC menggunakan tegangan rata-rata output dan frekuensi tertentu.

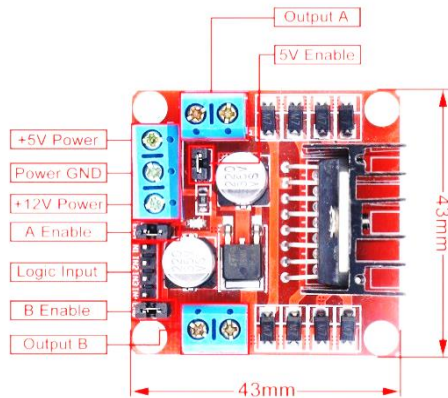
2.12 Driver Motor

Driver motor merupakan bagian yang berfungsi untuk menggerakkan Motor DC dimana perubahan arah motor DC tersebut bergantung dari nilai tegangan yang diinputkan pada input dari driver itu sendiri. Atau bisa didefinisikan sebagai piranti yang bertugas untuk menjalankan motor baik mengatur arah putaran motor maupun kecepatan putar motor.

1. *Driver* motor berfungsi sebagai piranti yang bertugas untuk menjalankan motor baik mengatur arah putaran motor maupun kecepatan putar motor. Macam driver motor diantaranya adalah: *Driver* Kontrol Tegangan. Dengan driver motor kontrol tegangan menggunakan level tegangan secara langsung untuk mengatur kecepatan dari putaran motor.
2. *Driver* PWM Dengan kontrol PWM kita dapat mengatur kecepatan motor dengan memberikan pulsa dengan frekwensi yang tetap ke motor, sedangkan yang digunakan untuk mengatur kecepatan adalah *duty cycle* dari pulsa yang diberikan.

3. *Driver H-Bridge.* Driver tipe H digunakan untuk mengontrol putaran motor yang dapat diatur arah putarannya CW (searah jarum jam) maupun CCW (berlawanan jarum jam). Driver ini pada dasarnya menggunakan 4 buah transistor untuk switching (saklar) dari putaran motor dan secara bergantian untuk membalik polaritas dari motor.

L298n itu sendiri adalah sebuah IC H-bridge yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti *relay*, *solenoid*, motor DC dan motor *stepper*. IC L298 mempunyai 2 buah H-bridge di dalamnya sehingga bisa mengendalikan kecepatan dan arah 2 buah motor DC dengan arus 2 Amps setiap H-bridge-nya. Kedua H-bridge di dalam IC ini bisa di paralel untuk meningkatkan kemampuan menopang arus mencapai 4 Amp.



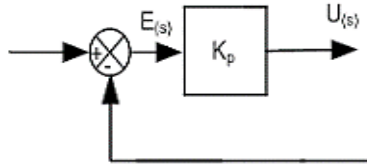
Gambar 2.16 Konfigurasi Pin Driver Motor L298n

Spesifikasi IC L298 :

- Tegangan operasi mencapai 46 volts
- Mampu mengendalikan motor *stepper bipolar 2 Amps*
- Mampu mengontrol arah motor DC dengan arus maks 2 *Amps* setiap H-bridge
- Mampu mengendalikan motor DC 4 amp dengan memparalelkan kedua h-bridge di dalam IC L298
- Mendukung kontrol PWM dengan frekuensi mencapai 20 KHZ
- Mempunyai sensor arus keluaran
- Mempunyai *Proteksi over temperature Supply voltage: +5 VDC*

2.13 Kontrol proposional

Pada pengendali jenis P (proporsional) ini terdapat hubungan yang sebanding atau proporsional antara keluaran terhadap kesalahan, secara lebih sederhana dapat dikatakan bahwa keluaran pengendali proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya, yaitu :



Gambar 2.17 Blok Diagram Pengendali Proporsional

Persamaan matematis untuk pengendali proporsional : $U(t) = K_p e(t)$
Fungsi alih untuk pengendali proporsional $U(s) / E(s) = K_p$ Dimana K_p merupakan Konstanta pengendali proporsional. Kontroller ini juga lebih dikenal sebagai gain / penguatan . Pertambahan harga K_p akan menaikkan penguatan sistem sehingga dapat digunakan untuk memperbesar kecepatan tanggapan dan mengurangi ess atau error steady state (penyimpangan dalam keadaan mantap).

Pemakaian alat kendali tipe proporsional ini sering tidak memuaskan karena penambahan K_p selain akan membuat sistem lebih sensitif tetapi juga cenderung mengakibatkan ketidakstabilan . Disamping itu penambahan harga K_p terbatas dan tidak cukup untuk mencapai tanggapan sampai suatu harga yang diinginkan. Kenyataannya dalam mengatur harga K_p terdapat keadaan-keadaan yang bertentangan . Di satu pihak diinginkan mengurangi ess sebanyak mungkin tetapi hal ini akan mengakibatkan osilasi bagi tanggapan yang berarti memperlama “setting time” sedangkan dipihak lain tanggapan terhadap setiap perubahan masukan harus terjadi secepat mungkin tetapi dengan lonjakan dan osilasi sekecil mungkin.

Tanggapan yang cepat memang dapat diperoleh dengan memperbesar K_p tetapi hal ini juga akan mengakibatkan ketidakstabilan sistem. Pengendali proporsional memiliki 2 parameter yaitu : pita proporsional (band proportional) dan konstanta proporsional. Daerah kerja efektif kontroller dicerminkan oleh pita proporsional , sedangkan konstanta proporsional menunjukkan nilai faktor penguatan terhadap sinyal kesalahan, K_p .

Ciri – ciri kontroller proportional harus diperhatikan ketika kontroller tersebut diterapkan pada suatu sistem. Secara eksperimen, pengguna kontroller proportional harus memperhatikan ketentuan – ketentuan berikut ini:

1. Kalau nilai K_p kecil, kontroller proportional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat
2. Kalau nilai K_p dinaikkan, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan mantapnya
3. Namun, jika nilai K_p diperbesar sehingga mencapai harga yang berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil, atau menyebabkan sistem akan berisolasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT

Pada *robot* detektor logam terdapat beberapa langkah dan perangkat utama yang menjadi acuan dalam langkah kerja pembuatan dan perancangan alat. Pertama adalah perancangan detektor logam untuk pengirim dan penerima kemudian pembuatan kumparan pengirim dan penerima detektor logam. Kedua, perancangan mikrokontroler ATmega32 yang dihubungkan dengan GPS, Magnetometer, detektor logam dan driver motor. Selanjutnya bentuk rangkaian yang akan digunakan sebagai alat demonstrasi.

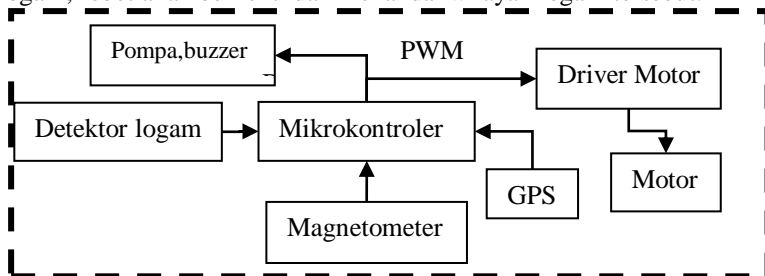
Untuk perangkat keras meliputi :

1. Desain robot
2. Rangkaian detektor logam dan kumparan
3. Rangkaian ATmega32

Pada perancangan software program pembacaan data dengan mikrokontroler yang dibuat menggunakan *Bascom AVR*. Hasil *coding* perangkat lunak ini akan di-*download*-kan ke mikrokontroler yang berfungsi untuk kontrol pergerakan robot dan deteksi logam.

4.1 Diagram Blok Sistem

Robot ini membutuhkan kendali otomatis untuk menyusuri daerah yang akan dideteksi logam. Sehingga membutuhkan GPS untuk menentukan daerah yang akan ditelusuri dan Magnetometer untuk menentukan arah yang akan dituju. Jika sensor logam mendeteksi adanya logam, robot akan berhenti dan menandai wilayah logam tersebut.



Gambar 3.1 Diagram Sistem Robot

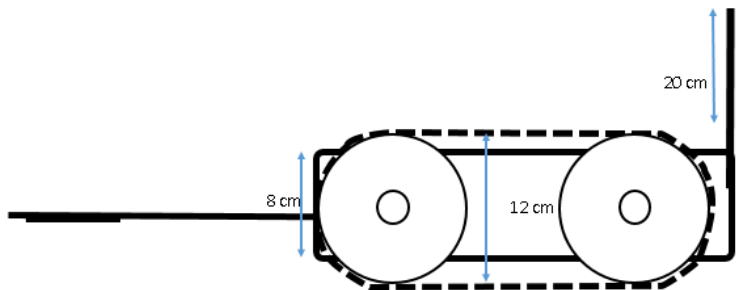
Sesuai dengan alur diagram blok di atas, detektor logam menghasilkan penambahan dan pengurangan nilai tegangan jika mendeteksi logam atau non logam. Mikrokontroler akan mengambil data sensor logam memanfaatkan pin ADC (*Analog to Digital Converter*). Pengambilan data kompas menggunakan magnetometer dengan memanfaatkan kaki pin SDA (*Data Line*) dan SCL (*Clock Line*). Pengambilan data lokasi menggunakan GPS dengan menggunakan komunikasi serial.

Dari masukan – masukan tersebut akan diolah di dalam mikrokontroler. Mikrokontroler menghasilkan sinyal PWM (*pulse Width Modulation*) untuk mengatur jalannya motor, driver motor berfungsi dapat mengendalikan arah putaran motor DC dalam 2 arah yang kecepatannya dikontrol sinyal PWM

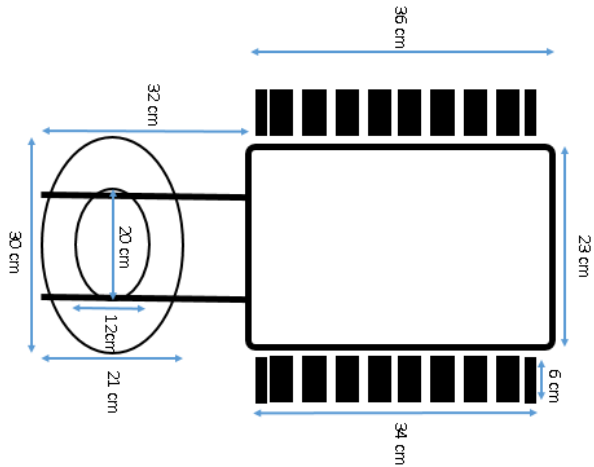
Pompa dan *buzzer* digunakan untuk menandai lokasi logam berada. Saat detektor logam mendeteksi adanya suatu logam, maka pompa dan *buzzer* aktif.

3.2 Desain Robot

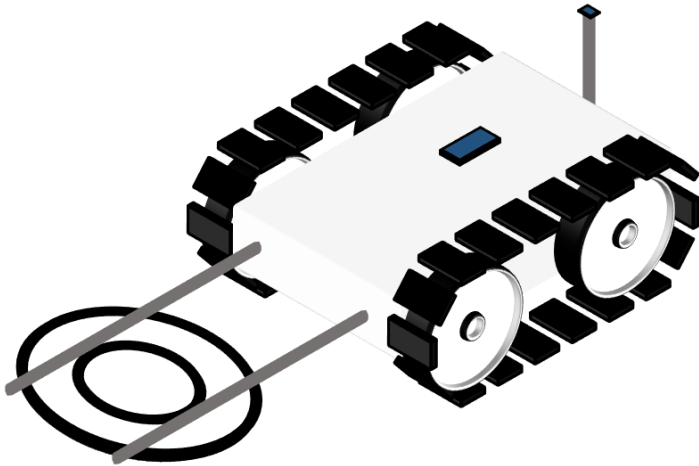
Robot ini dirancang memiliki bentuk dasar menyerupai *tank*. robot digerakkan menggunakan dua motor DC. Detektor logam diletakkan lebih condong ke depan guna menghindari magnet dan besi yang ada pada motor dan rangka besi pada badan robot. Begitu juga dengan *Magnetometer*, diletakkan berjauhan untuk menghindari gangguan magnet dan besi.



Gambar 3.2 Ilustrasi ukuran robot. tampak samping



Gambar 3.3 Ilustrasi ukuran robot. tampak atas



Gambar 3.4 Ilustrasi robot. tampak 3 dimensi



Gambar 3.5 Foto Robot

3.3 Rangkaian Detektor Logam

Dalam implementasi ini, penting untuk menetapkan nilai tegangan referensi, yaitu saat nilai tegangan tidak ada logam. Jika tegangan berubah, logam terdeteksi. Jika tegangan meningkat jika dibandingkan dengan tegangan referensi, logam ini logam besi. Jika tegangan input menurun jika dibandingkan dengan tegangan referensi, logam ini logam non-besi.

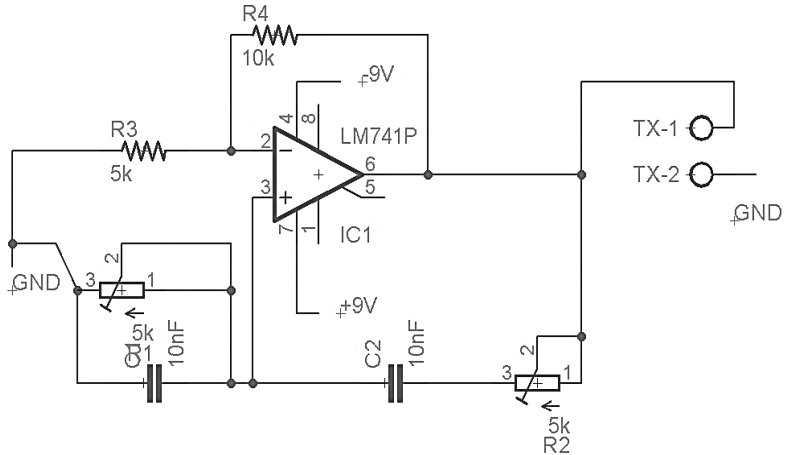
Pada rangkaian pemancar frekuensi yang dihasilkan dari *oscillator* adalah 5,5kHz. Lalu pada rangkaian penerima menggunakan deteksi perbedaan sudut fase dan filter pasif. Pada kumparan menggunakan desain *concentric* dimana kumparan pemancar berada di luar sedangkan kumparan penerima berada di dalam kumparan pemancar.

3.3.1 Rangkaian *Oscillator*

Rangkaian ini menggunakan *oscillator wien bridge*. Dimana hasil keluaran dapat menghasilkan sinyal sinusoidal. Rangkaian didesain untuk menghasilkan sinyal dengan frekuensi 5,5kHz. Nilai resistor dan kapasitor didesain untuk menghasilkan 5,5kHz yang sesuai dengan rumus

$$fr = \frac{1}{2\pi RC}$$

R1 dan R2 didesain untuk menghasilkan penguatan 3 kali.
OpAmp yang digunakan adalah LM741



Gambar 3.6 rangkaian *oscillator Wien-bridge*

Berikut adalah persamaan untuk mencari tegangan *output* dari rangkaian diatas. Dengan R2 dan R1 adalah $2,89k\Omega$ dari yang terukur Multimeter untuk menghasilkan $5,5kHz$. untuk kapasitor C1 dan C2 bernilai $10nF$.

Total impedansi kombinasi seri dari R2 dengan C2 adalah sebagai berikut.

$$R2 = 2,89k\Omega$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c} \quad (3.1)$$

$$X_c = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 5,5kHz \times 10nF}$$

$$X_c = 2,89k\Omega$$

$$Z_s = \sqrt{R2^2 + X_c^2} \quad (3.2)$$

$$Z_s = \sqrt{2,89^2 + 2,89^2}$$

$$Z_s = 4,087k\Omega$$

Total impedansi kombinasi paralel dari R1 dengan C1 adalah sebagai berikut.

$$R1 = 2,89k\Omega, Xc = 2,89k\Omega$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{Xc} \quad (3.1)$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{2,89} + \frac{1}{2,89}$$

$$Z = 1,445k\Omega$$

Kombinasi rangkaian RC paralel menjadi 1,445k Ω (R1||Xc). Oleh karena itu untuk mencari impedansi dari rangkaian paralel adalah sebagai berikut.

$$R = 1,445k\Omega,$$

$$Xc(paralel) = 1,445k\Omega \text{ (perhitungan sama dengan Xc seri)}$$

$$Zp = \sqrt{R^2 + Xc(paralel)^2} \quad (3.3)$$

$$Zp = \sqrt{1,445^2 + 1,445^2}$$

$$Zp = 2,043k\Omega$$

Selanjutnya adalah mencari tegangan output

$$Zout = \frac{Zp}{Zp + Zs} \quad (3.4)$$

$$Zout = \frac{2,043}{2,043 + 4,087}$$

$$Zout = \frac{1}{3} = 0,333$$

Karena tegangan output adalah 1/3 tegangan input maka dibutuhkan penguatan sebesar 3 kali. Pada rangkaian *oscillator* diatas menggunakan penguatan *non-inverting*. Oleh karena itu penguatan dapat diperoleh sebagai berikut.

$$Vout = (1 + \frac{R4}{R3})Zout \quad (3.5)$$

3.3.2 Rangkaian Deteksi Fase

Rangkaian ini digunakan untuk mendeteksi perbedaan fase antara sinyal oscillator (fase ditransmisikan) dan sinyal yang diterima. Tahap pertama mengubah sinyal sinusoidal menjadi sinyal gelombang digital persegi. Pada output tersebut dioda digunakan untuk rectifier yang nantinya dibandingkan antara hasil fase kumparan pemancar dan kumparan penerima. gerbang XOR digunakan untuk menemukan perbedaan fase. Jika perbedaan fasa dari sinyal input menurun, tegangan rata-rata dari sinyal output juga menurun. Jika perbedaan fase input sinyal meningkat, tegangan rata-rata dari sinyal output juga meningkat

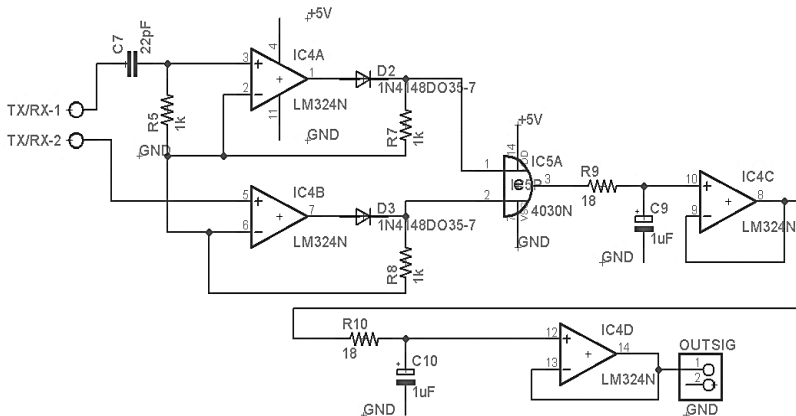
Kemudian, untuk mendapatkan tegangan rata - rata masuk ke dua tahap *low pass filter* yang digunakan untuk mengkonversi perbedaan fase pulsa ke tingkat tegangan DC. Dua *Filter* ini memiliki frekuensi cutoff sekitar 10 Hz. Rumus untuk tegangan output

$$V_{out} = (V_{dd}/180) * \Delta\Phi$$

V_{out} = rata -rata output voltage

V_{dd} = *Supply voltage* dari XOR

$\Delta\Phi$ = perbedaan fase dalam derajat(°)

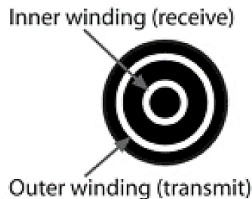


Gambar 3.7 Rangkaian deteksi fase

Pada pin TX/RX-1 adalah input dari kumparan pemancar dan TX/RX-2 adalah input kumparan penerima. Lalu di buffer dan dibandingkan hasil fase di XOR. Kemudian hasilnya difilter dan dibuffer lagi dua kali dan masuk ke mikrokontroler sebagai input ADC .

3.3.3 Desain Kumparan

Dalam sistem ini, desain kumparan adalah konsentris. Desain ini menggunakan 2 kumparan yaitu kumparan pemancar dan penerima. kumparan pemancar dan penerima lilitan memiliki arah yang sama untuk ukuran diameter kawat lilitan pada kumparan pemancar menggunakan AWG 28 dan AWG 30 digunakan untuk kumparan penerima.[1]



Gambar 3.8 Kumparan pemancar dan penerima

Pada perancangan kumparan, diameter kumparan pemancar memiliki dua kali besarnya dibanding dengan kumparan penerima. Sedangkan perbandingan jumlah lilitan antara kumparan pemancar dan penerima adalah 4:1. Sehingga desain kumparan dilihat tabel sebagai berikut:

Tabel 3.1 Desain Kumparan

Kumparan	Pemancar	penerima
Jumlah putaran	56	46
Diameter	25cm	12,5 cm

Untuk menentukan berapa nilai induktansi maka digunakan rumus lilitan berlapis – lapis berinti udara.

$$L = \frac{0.8r^2N^2}{6r+9l+10d} \quad (3.6)$$

L = induktansi (μH)

r = rerata jari-jari lilitan (in)

l = panjang lilitan (in)

N = jumlah lilitan

d = tebal lilitan (in)

untuk kumparan pemancar maka:

$$L = \frac{0,8 \times 4,92^2 \times 56^2}{6 \times 4,92 + 9 \times 4512 + 10 \times 0,11}$$

$$L = 9421 \mu H = 9,421 mH$$

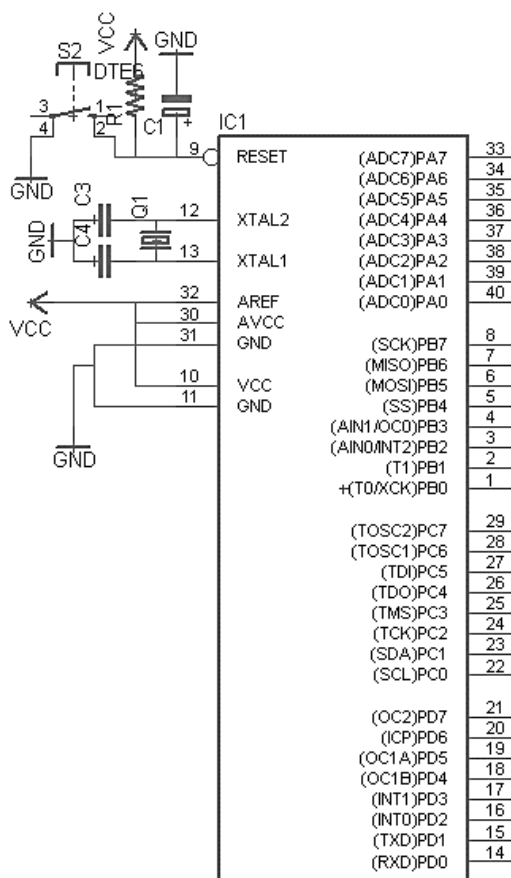
untuk kumparan penerima maka:

$$L = \frac{0,8 \times 3,149^2 \times 146^2}{6 \times 3,14 + 9 \times 2887 + 10 \times 0,22}$$

$$L = 2487 \mu H = 2.487 mH$$

Induktansi dari kumparan pemancar diukur menggunakan LCR meter menjadi 2,587mH dan kumparan penerima diukur 9.4mH.

3.4 Rangkaian Minimum Sistem ATmega32



Gambar 3.9 Rangkaian Minimum Sistem AVR ATmega32

Pada rangkaian mikrokontroler ATmega32 penggunaan masing – masing *port I/O* dalam sistem ini adalah sebagai berikut:

- Port A = masukan ADC untuk detektor logam PORTA.0
- Port B = Output untuk arah putaran motor ke driver motor

Tabel 3.2 Fungsi PORTB

Pin ATmega32	Fungsi	Ket.
PORTB.0	EN1	Motor kiri
PORTB.1	EN2	Motor kiri
PORTB.2	EN3	Motor kanan
PORTB.3	EN4	Motor kanan
PORTB.4	Aktif pompa	High = aktif

c. Port C = LCD dan i2c

Tabel 3.3 Fungsi PORTC

Pin ATmega32	Fungsisi	Ket.
PORTC.0	SCL	Magnetometer
PORTC.1	SDA	
PORTC.2	RS	LCD 20X4
PORTC.3	E	
PORTC.4	D4	
PORTC.5	D5	
PORTC.6	D6	
PORTC.7	D7	

d. Port D = *Timer1* menghasilkan sinyal PWM dan Serial

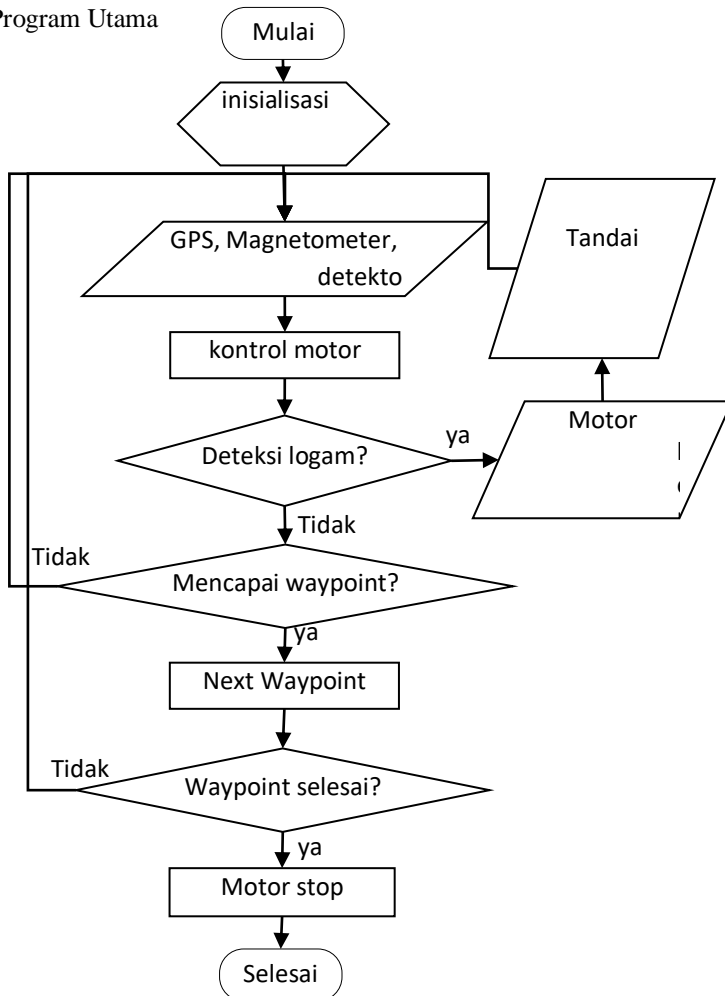
Tabel 3.4 Fungsi PORTD

Pin ATmega32	Fungsi	Ket.
PORTD.0	RX	Serial GPS
PORTD.1	TX	
PORTD.4	PWM1B	Motor kiri
PORTD.5	PWM1A	Motor kanan

3.5 Perancangan Software

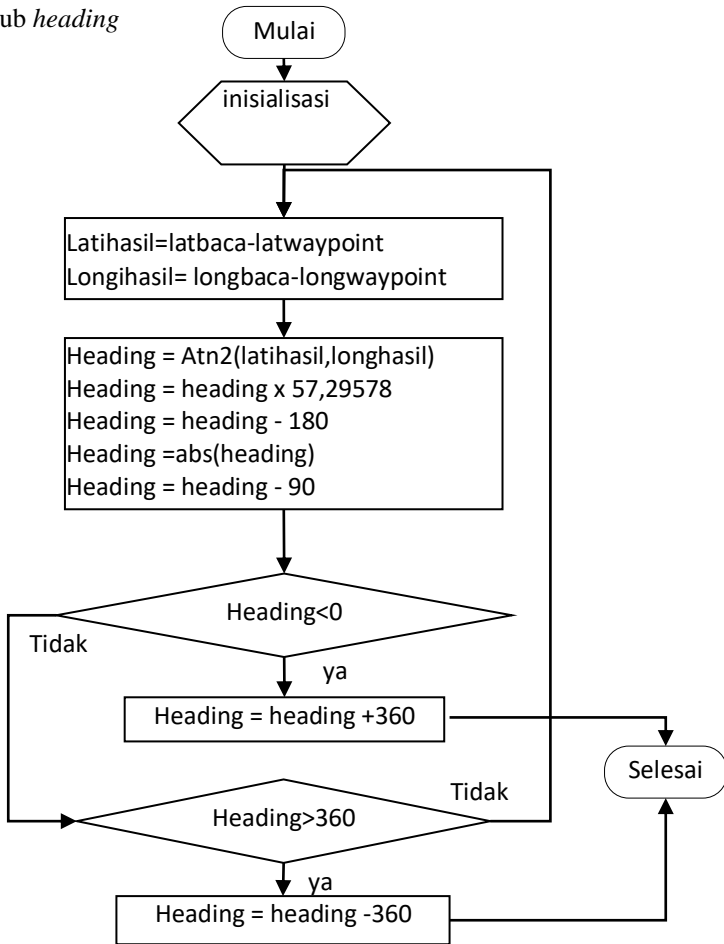
Dalam pembuatan *software* untuk diaplikasikan ke dalam sistem pergerakan robot oleh mikrokontroler ATmega32 menggunakan *Bascom AVR*. pergerakan digunakan menelusuri suatu wilayah untuk mencari benda logam. Berikut bentuk diagram alir dari program.

Program Utama



Gambar 3.10 Diagram alir program utama

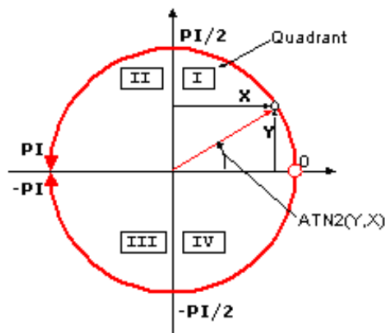
sub heading



Gambar 3.11 Diagram alir menentukan *heading*

Pada diagram diatas latihasil longhasil ditentukan dengan mencari selisih antara latitude dan longitude yang terbaca di GPS dengan latitude dan longitude waypoint yang sudah ditentukan. Lalu untuk menentukan

arah menuju lokasi *waypoint* digunakan fungsi *atan2* atau *arctangent*. Ilustrasinya bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.12 sumbu kartesian *arctangent*

Jika hasil selisih latbaca dengan latwaypoint hasil positif (+) dan hasil longbaca dengan longwaypoint hasilnya positif (+) maka waypoint berada di kuadran 1. Untuk selanjutnya, bisa dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.5 tanda Y dan X pada sumbu kartesian

<i>Quadrant</i>	<i>Sign Y</i>	<i>Sign X</i>	<i>ATN2</i>
I	+	+	0 to p/2
II	+	-	p/2 to p
III	-	-	-p/2 to -p
IV	-	+	0 to -p/2

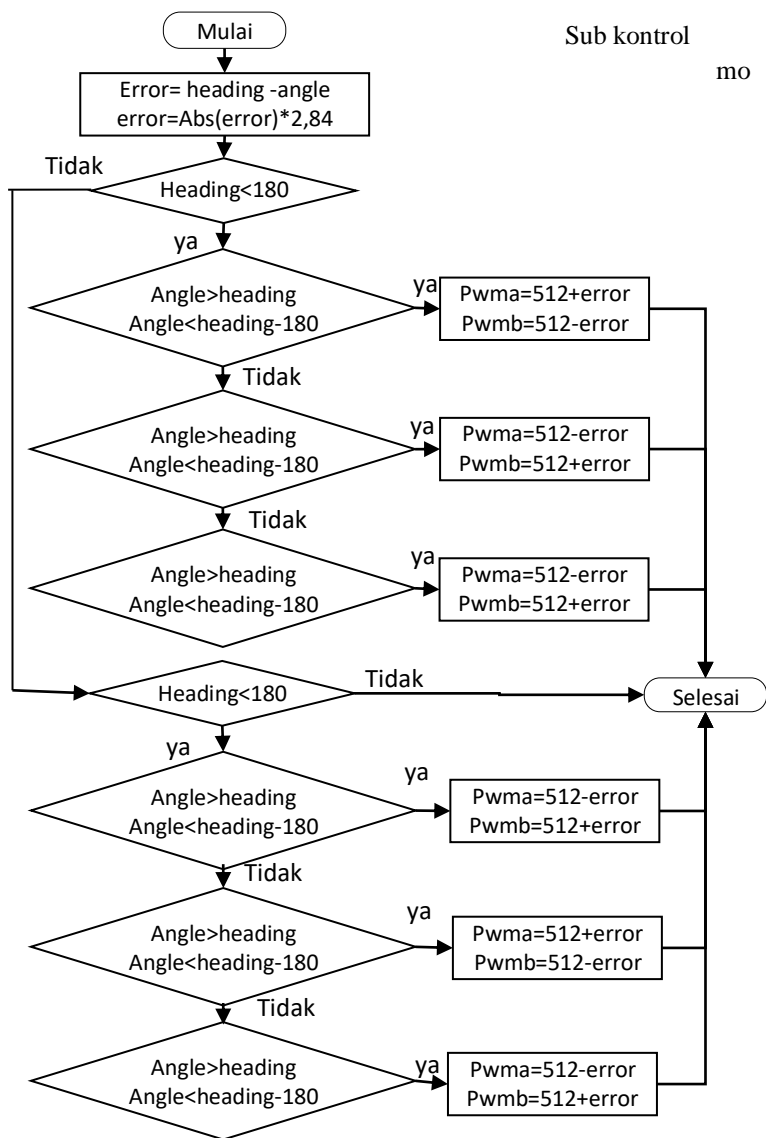
Hasil diatas masih berupa satuan radian, agar hasilnya sama dengan bacaan magnetometer diubah menjadi besaran derajat maka dikalikan 57,29578.

Kemudian untuk menentukan 0 derajat adalah utara dan 180 derajat adalah selatan menggunakan rumus :

$$\text{Heading} = \text{heading} - 180$$

$$\text{Heading} = \text{abs}(\text{heading})$$

$$\text{Heading} = \text{heading} - 90$$



Gambar 3.13 Diagram alir kontrol motor

Pada kontrol motor menggunakan kontrol proposional. Pengendali jenis P (proporsional) ini terdapat hubungan yang sebanding atau proporsional antara keluaran terhadap kesalahan, secara lebih sederhana dapat dikatakan bahwa keluaran pengendali proportional merupakan perkalian antara konstanta proportional dengan masukannya, yaitu persamaan matematis untuk pengendali proporsional :

$$U(t) = K_p \times e(t) \quad (3.7)$$

K_p adalah Konstanta Proporsional. K_p berlaku sebagai *Gain* (penguat). $e(t)$ adalah *error*. Sedangkan $U(t)$ adalah keluaran dari perkalian antara *gain* dan *error*. Jika dituliskan pada penelitian ini maka:

$$error = setpoint - present\ value. \quad (3.8)$$

$$error = heading - Angle. \quad (3.9)$$

$$error = Abs(error) \quad (3.10)$$

$$error = error \times gain. \quad (3.11)$$

Dimana *setpoint* adalah nilai acuan yang diinginkan(*heading*), dan *present value* merupakan nilai yang terbaca atau terukur sekarang(magnetometer). Lalu error tadi dikalikan dengan *gain*(2.84) agar nilai maksimal yaitu 512.

Pada PWMa dan PWMb digunakan untuk membedakan robot berbelok kekanan atau kekiri. Misalkan $Pwma = 512 + error$ (motor kanan), $Pwmb = 512 - error$ (motor kiri) maka robot akan berbelok kekiri. Sebaliknya jika $Pwma = 512 - error$ (motor kanan), $Pwmb = 512 + error$ (motor kiri) maka robot berbelok kekanan.

Pada *heading* >180 dan *heading* <180 digunakan untuk membedakan robot lebih baik belok kearah mana yang terdekat dengan *setpoint(heading)*.

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Untuk mengetahui apakah tujuan dari pembuatan alat ini bekerja atau tidak, perlu dilakukan pengujian dan analisa alat. Pengujian tiap bagian penyusun sistem robot detektor logam meliputi sumber tegangan, sinyal yang didapat dan diterima oleh pemancar dan penerima untuk mendeteksi logam, GPS dan Magnetometer. Dilanjutkan pengujian seluruh sistem.

4.1 Pengujian Sumber Tegangan

Pengujian *supply* merupakan sumber daya dari baterai Lipo 11,1 V dan baterai 5v dua buah untuk *supply* detektor logam. Supply pada detektor logam dinaikkan menggunakan boost converter sebesar kurang lebih 15V dan -15v yang membutuhkan regulator 7809 dan 7909 untuk mendapatkan spesifikasi tegangan 9 dan -9 Vdc yang digunakan untuk *oscillator* detektor logam. Pada rangkaian Minimum sistem, dan rangkaian deteksi fase membutuhkan tegangan 5 Vdc, sehingga dibutuhkan *regulator* 7805 untuk menjadikan tegangan 5 Vdc. Sebelum sumber tegangan dari baterai Lipo 11,1 V masuk ke regulator 7805, tegangan masuk ke regulator 7809 diturunkan menjadi 9 Vdc lalu masuk *regulator* 7805 menjadi 5 Vdc. Pengujian dilakukan dengan menggunakan AVometer. Untuk mengetahui apakah tegangan sesuai dengan yang diinginkan, maka perlu adanya pengujian yaitu dengan hasil dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 4.1 Pengujian sumber tegangan.

NO	Rangkaian	Tegangan yang diinginkan	terukur	Error (V)	%Error
1	7805	5 V	5,09 V	0,09	1,8 %
2	7809	9 V	9.32 V	0,32	3,55 %
3	7909	-9 V	-9,32 V	0,32	3,55 %

4.2 Pengujian Detektor logam

Hal pertama yang perlu diketahui adalah bagaimana cara kerja rangkaian detektor logam sehingga bisa mendeteksi adanya logam. Pertama adalah rangkaian *oscillator* yang menggunakan OpAmp 741.

rangkaian ini didesain untuk menghasilkan sinyal sinusoidal dengan frekuensi 5,5Khz.

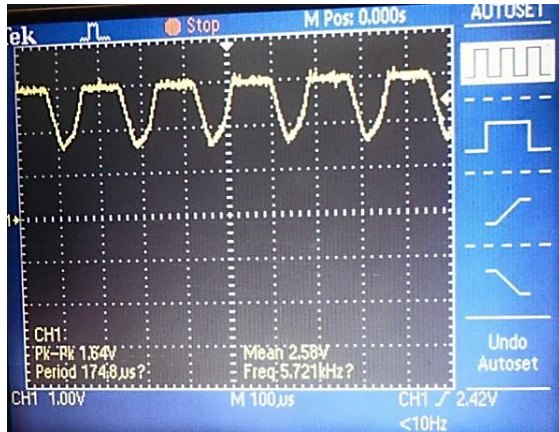
kedua adalah rangkaian deteksi fase yang digunakan untuk mendeteksi perbedaanfase antara sinyal yang ditransmisikan dengan sinyal yang diterima. Ketiga, mendapatkan tegangan rata – rata yang masuk *low pass filter* yang digunakan untuk mengkonversi perbedaan fase pulsa ke tingkat tegangan DC



Gambar 4.1 sinyal oscillator dari *Wien bridge oscillator*

Dari gambar di atas rangkaian *oscillator* didapat sinyal sinusoidal dengan frekuensi 5,682kHz dan peak to peak sebesar 16,4V. tegangan peak to peak seharusnya 18V Karena supply yang dipakai +9V dan -9V. Tetapi tegangan output dari IC OpAmp 741 biasanya satu atau dua volt lebih kecil dari tegangan *power supply*. Sebagai contoh, tegangan *swing* output dari suatu OpAmp dengan tegangan supply 9 V adalah $\pm 8V$

Setelah sinyal *oscillator* melewati kumparan pemancar lalu ke kumparan penerima, maka kedua sinyal kumparan pemancar dan penerima di-*buffer* kemudian di-*rectifier* oleh diode. Di bawah ini adalah hasil dari sinyal pemancar yang sudah di-*rectifier*.



Gambar 4.2 sinyal pemancar yang sudah di-*rectifier*

Sinyal pemancar ini bentuknya menyerupai sinyal kotak yang nantinya akan dibandingkan dengan sinyal penerima. Bentuk dari sinyal penerima setelah di-*rectifier* hampir sama dengan sinyal pemancar yaitu berbentuk sinyal kotak juga.

Untuk mengetahui kinerja detektor logam, maka dilakukan pengujian pengukuran berapa jarak logam yang dapat dideteksi. Hasil jarak ditentukan berapa besar beda fase antara pemancar dan penerima detektor logam. Besar perbedaan tersebut difilter dan didapatkan hasil jarak berupa tegangan DC. Dimana nilai tegangan akan berubah ubah sesuai dengan jarak logam terhadap detektor logam.



Gambar 4.3 Pengujian detektor logam menggunakan Multimeter

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan AVOMeter digital yang digunakan untuk mengukur jarak logam saat dideteksi. AVOMeter di-set mode voltmeter DC dengan skala kali 2.

Tabel 4.2 Pengujian detektor logam tanpa ditanam dalam tanah

NO.	Jenis	Tegangan bila logam tanpa ditanam dalam tanah (V)					
		1 cm	4 cm	7 cm	13 c	15 c	>15c
1	Kayu	1,618	1,618	1,618	1,618	1,617	1,616
2	Aluminium	1,948	1,702	1,634	1,620	1,618	1,616
3	Besi	1,592	1,606	1,608	1,609	1,611	1,612
4	Tembaga	1,900	1,699	1,640	1,628	1,627	1,626

Selanjutnya berapa jarak sensor logam terhadap logam jika logam ditanam di dalam tanah. Pengujian dilakukan dengan menanam logam mulai dari kedalaman 1cm hingga 4cm. Hasil pengujian dalam tabel berikut.

Tabel 4.3 Pengujian detektor logam bila logam 1cm ditanam dalam tanah

NO.	Jenis	Tegangan bila logam 1 cm ditanam dalam tanah (V)					
		1 cm	4 cm	7 cm	13 c	15 c	>15c
1	Kayu	1,620	1,621	1,619	1,618	1,617	1,616
2	Aluminium	1,956	1,723	1,644	1,629	1,627	1,622
3	Besi	1,625	1,620	1,620	1,620	1,620	1,623
4	Tembaga	1,948	1,708	1,649	1,642	1,634	1,622

Tabel 4.4 Pengujian detektor logam bila logam 2cm ditanam dalam tanah

NO.	Jenis	Tegangan bila logam 2 cm ditanam dalam tanah (V)					
		1 cm	4 cm	7 cm	13 c	15 c	>15c
1	Kayu	-	1,627	1,626	1,626	1,626	1,626
2	Aluminium	-	1,732	1,647	1,633	1,627	1,622

3	Besi	-	1,620	1,620	1,620	1,620	1,623
4	Tembaga	-	1,708	1,649	1,642	1,634	1,622

Tabel 4.5 Pengujian detektor logam bila logam 4cm ditanam dalam tanah

NO.	Jenis	Tegangan bila logam 4 cm ditanam dalam tanah (V)					
		1 cm	4 cm	7 cm	13 c	15 c	>15c
1	Kayu	-	-	1,632	1,629	1,626	1,626
2	Aluminium	-	-	1,649	1,636	1,631	1,622
3	Besi	-	-	1,631	1,622	1,621	1,621
4	Tembaga	-	-	1,654	1,647	1,638	1,624

Dari hasil tabel pengukuran di atas dapat diketahui bahwa semakin dekat jarak logam terhadap detektor logam, semakin besar tegangan yang terukur. Tapi berbeda dengan kayu dan besi rangka. Jika kayu nilainya tidak terlalu banyak berubah walau jarak dekat atau jauh. Untuk besi rangka semakin dekat dengan detektor logam semakin kecil tegangan yang terukur. Dapat diketahui pula bahwa non logam seperti kayu tidak dapat dideteksi detektor ini.

Nilai pada saat ditanam dalam tanah dan saat tidak dalam tanah juga berbeda. Jika berada dalam tanah nilai akan bertambah. Hal ini dikarenakan pada tanah terdapat mineral - mineral yang ikut terdeteksi detektor logam.

4.3 Pengujian Magnetometer HMC5883L

Pengujian dilakukan dengan melihat hasil HMC5883L yang tampil pada LCD 20x4 kemudian dibandingkan dengan kompas konvensional dan busur derajat.. Posisi HMC5883L dalam kondisi rata dengan tanah. Tabel hasil HMC5883L adalah sebagai berikut.

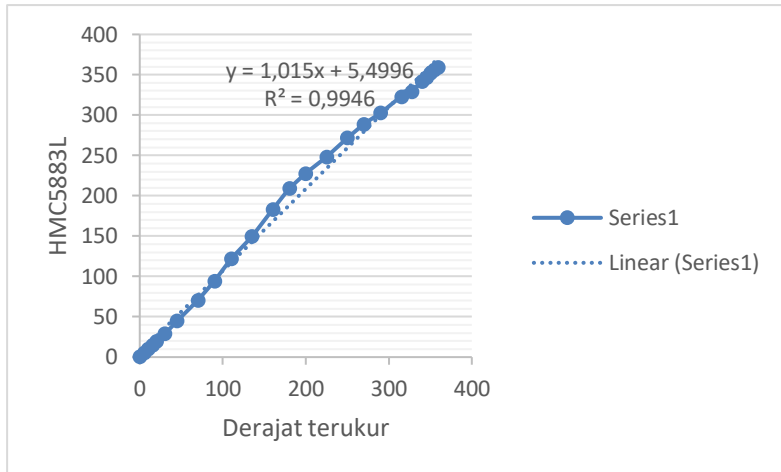
Tabel 4.6 Pengujian HMC5833L

No.	Derajat Terukur	HMC5883L	Persen error (%)
1	5	5,7	14,00
2	10	10	0,00
3	15	15	0,00
4	20	20	0,00

5	30	28,9	3,67
6	45	45	0,00
7	70	70,4	0,57
8	90	94,3	4,78
9	110	121,8	10,73
10	135	149,5	10,74
11	160	183	14,38
12	180	209,3	16,28
13	200	228	14,00
14	225	248	10,22
15	250	272	8,80
16	270	289	7,04
17	290	303	4,48
18	315	323	2,54
19	327,5	329	0,46
20	340	342	0,59
21	345	347	0,58
22	350	352	0,57
23	355	356	0,28
24	359	359,2	0,06

Hasil pengujian pengambilan data HMC5883L di atas dilakukan tiga tempat yang berbeda pertama di balkon rumah, di lapangan Pertamina ITS dan taman alumni ITS lalu dirata-rata. *Error* rata-rata dari pengujian diatas adalah 4,990%

Untuk mendapat hasil yang lebih linier maka penulis menambahkan rumus regresi linier agar didapat nilai HMC5883L yang mendekati hasil kompas. Cara yang digunakan menggunakan fitur yang ada pada Microsoft Excel. Nantinya rumus tersebut dimasukkan ke dalam program.



Gambar 4.4 Grafik hasil linier dari pengukuran Magnetometer

Dari hasil regresi linier hasil pada error terbesar yaitu saat nilai HMC5883L 209,3 menjadi 195. Berlaku juga saat HMC5883L 183 menjadi 176 dan saat 228 menjadi 214.

4.4 Pengujian GPS U-Blox 7M

Dengan melakukan pengukuran GPS U-Blox 7M, akan didapatkan seberapa akurat Langitude dan longitude suatu lokasi yang terbaca. Pengukuran dilakukan dengan membandingkan nilai GPS pada GPS U-Blox M8N yang memiliki kepresisian lebih tinggi dari U-Blox 7M. Pengukuran hanya dilakukan di sekitar kampus ITS.

Tabel 4.7 Pengujian GPS

No.	U-Blox 7M		U-Blox M8N	
	Langitude	Longitude	Langitude	Longitude
1	-7,28436	112,79727	-7,284366	112,79726
2	-7,27788	112,79800	-7,277885	112,79799
3	-7,27781	112,79776	-7,277818	112,79776

4	-7,28390	112,79287	-7,283913	112,79286
5	-7,28373	112,79299	-7,283735	112,79299

error		lokasi
Langitude	Longitude	
8,237E-05	5,319E-06	parkir mesin
6,870E-05	3,546E-06	Robotika
1,099E-04	6,206E-06	Robotika
1,785E-04	8,866E-07	pertamina ITS
6,865E-05	7,979E-06	pertamina ITS

Pengujian GPS -Blox 7M jika dibandingkan dengan U-blox M8N memiliki *error* yang sangat kecil. Selisih pada kedua GPS ini hanya sekitar 0,00001 jika dikonversi dalam jarak sekitar 1meter. Selisih ini bisa terjadi karena beberapa faktor seperti saat membandingkan diletakkan bersebelahan, perbedaan jumlah satelit yang ditangkap dan sensitifitas dari antena GPS.

4.5 Pengujian Desain Robot

Dalam tahap ini, pengujian dilakukan dengan memberikan perintah pada robot untuk berjalan. Robot berjalan saat di tempat rata, tanpa rintangan atau dengan rintangan dan di atas tanah dengan rintangan atau tanpa rintangan.. robot ini menggunakan motor Faulhaber 12V DC coreless sebagai roda penggerak. Motor ini memiliki spesifikasi power hingga 17W, 120rpm dan arus maksimal hingga 1400mA.

Robot ini akan diberi rintangan berupa tanjakan untuk mengetahui seberapa kuat robot dapat menanjak. Pada gambar di bawah robot menanjak pada bidang datar keramik (licin) sekitar 30 derajat dengan PWM 10bit diberikan nilai 922 pada kedua motornya. Pada kondisi tersebut robot dapat naik. Tabel berikut adalah pemberian nilai PWM pada kedua motor untuk mengetahui nilai PWM robot mana yang dapat melewati tanjakan 30 derajat.

Tabel 4.8 Pengujian *robot* saat menanjak

No.	PWM kedua motor	Keterangan
1	922	Naik
2	850	Naik
3	800	Naik
4	750	Naik
5	700	Naik
6	650	Naik
7	600	Naik
8	550	Tidak naik



Gambar 4.5 Robot menaiki tanjakan

Dari pengujian diatas diketahui nilai PWM dibawah 600 robot akan kesulitan untuk naik. Pada saat pengujian tegangan baterai lipo adalah 11,8Vsampai 11,7V. Pengujian ini dilakukan untuk memberikan berapa nilai PWM minimal pada robot.

Selanjutnya keadaan kepala detektor logam saat robot menaiki tanjakan. Pada kepala detektor logam diberikan pipa PVC sebagai tumpuannya. Pipa PVCtersebut diberikan sambungan engsel agar saat robot menaiki tanjakan kepala detektor logam tetap rata dengan tanah. Sehingga tidak menghalangi robot untuk melaju. Engsel hanya bisa menekuk tidak lebih dari 35 derajat.



Gambar 4.6 Keadaan kepala detektor logam saat menaiki tanjakan

Kemudian keadaan salah satu roda jika terdapat rintangan. Dengan pengujian ini dapat diketahui robot bisa melaju dengan kemiringan maksimal 25 derajat.



Gambar 4.7 Saat salah satu roda terdapat rintangan

Saat ditimbang, robot memiliki bobot 5,5kg sehingga aman jika melewati ranjau anti-personal yang memiliki tekanan picu ledakan lebih dari 9kg.

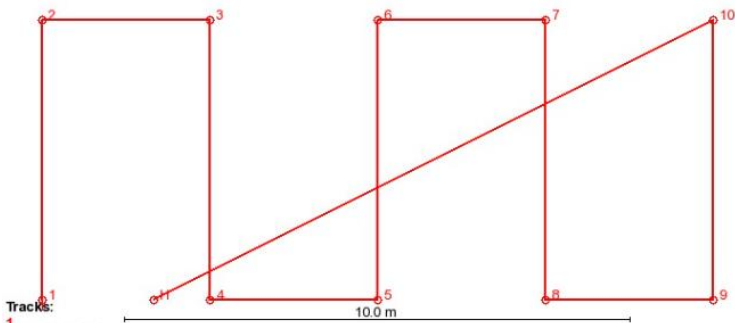
4.6 Pengujian Waypoint

Waypoint dalam penelitian ini adalah dalam bentuk *scanning*. Berbentuk *scanning* agar dapat mencari logam pada suatu wilayah secara menyeluruh. Berikut adalah waypoint untuk mencari logam.

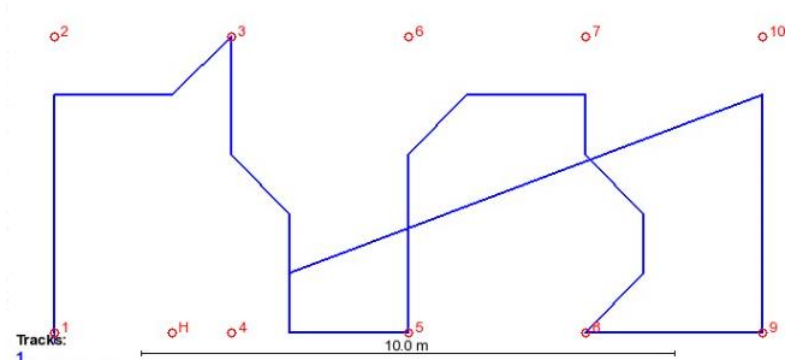


Gambar 4.8 *Waypoint* di lapangan parkir teknik mesin

Gambar diatas menggunakan web wikiloc.com dan aplikasi Google Maps. Titik awal robot bergerak pada gambar diatas adalah $-7.28442, 112.79738$. Karena *waypoint* terlihat terlalu berdekatan maka bisa menggunakan gpsvisualizer.com pada menu Draw an SVG, JPEG, or PNG map.



Gambar 4.9 jalur *Waypoint* yang diinginkan

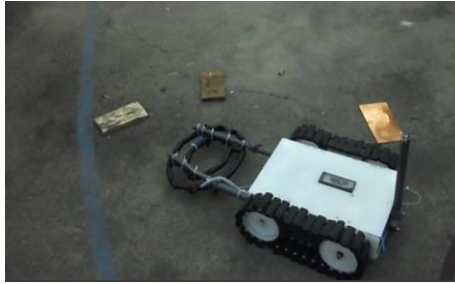


Gambar 4.10 jalur Waypoint saat uji coba

Pada gambar di atas diketahui bahwa robot berjalan saat menuju *waypoint* sedikit meleset. Hal ini disebabkan *radius* dalam menuju *waypoint* memiliki lingkup 1 meter. Robot juga terkadang berjalan miring. Ini disebabkan posisi *magnetometer* yang kurang stabil saat berjalan dipermukaan yang kurang rata. Faktor lainnya adalah sinyal jumlah satelit yang ditangkap oleh GPS. Salah satunya disebabkan keadaan langit yang berawan sehingga mempengaruhi jumlah satelit yang ditangkap.

4.7 Pengujian Waypoint dengan Detektor Logam

Pengujian ini dilakukan di tiga tempat berbeda yaitu lapangan Pertamina sebelah timur (berumput), lapangan Pertamina sebelah selatan (lapangan voli) dan lapangan parkir teknik mesin. Lalu logam diletakkan di *waypoint* di jalan yang akan dilalui robot. Saat robot menuju *waypoint*, detektor logam akan bekerja untuk mendeteksi logam saat robot berjalan. Jika detektor logam mendeteksi logam maka pompa dan buzzer akan bekerja untuk menandai lokasi dimana logam berada.



Gambar 4.11 Pengujian robot deteksi logam (lapangan Voli Pertamina ITS)

Tabel 4.9 Pengujian di lapangan parkir teknik mesin

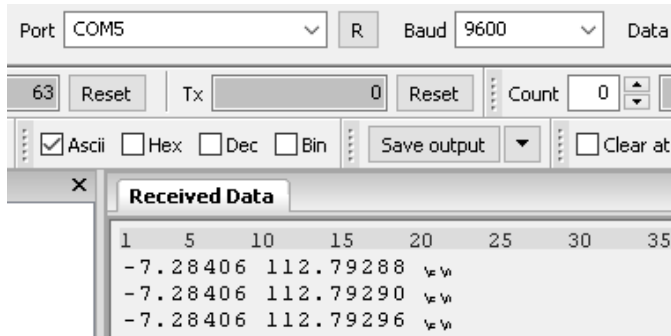
titik	Latitude	longitude	keterangan
1	-7.28439	112.79738	deteksi
2	-7.28441	112.79740	tidak deteksi
3	-7.28438	112.79744	deteksi
4	-7.28441	112.79748	deteksi
5	-7.28438	112.79750	deteksi

Tabel 4.10 Pengujian lapangan Pertamina sebelah timur(berumput)

titik	Latitude	longitude	keterangan
1	-7.28391	112.79292	deteksi
2	-7.28390	112.79292	deteksi
3	-7.28388	112.79292	deteksi
4	-7.28380	112.79292	deteksi
5	-7.28380	112.79294	deteksi

Tabel 4.11 Pengujian dilapangan Pertamina sebelah selatan (lapangan voli)

titik	Latitude	longitude	keterangan
1	-7.28406	112.79288	deteksi
2	-7.28406	112.79290	deteksi
3	-7.28406	112.79292	tidak deteksi
4	-7.28406	112.79294	tidak deteksi
5	-7.28406	112.79296	deteksi



Gambar 4.12 Lokasi (lapangan voli Pertamina) ditampilkan di Hterm menggunakan komunikasi *TelemetryRCTimer* 433MHz

Komunikasi *telemetry* akan menampilkan lokasi logam saat robot mendeteksi logam. Jika tidak mendeteksi, maka lokasi tidak akan ditampilkan di Hterm. Saat diuji di lapangan voli Pertamina, *telemetry* ini memiliki jangkauan maksimal 130 meter. Seharusnya *telemetry* dapat menjangkau hingga 1km lebih saat tanpa halangan. Hal ini karena komunikasi terjadi antara *ground* dengan *ground* yaitu adanya halangan dari pepohonan.

Pada pengujian tabel diatas, titik diletakkan secara acak sesuai dengan jalur *waypoint* yang akan dilewati. Perbedaan hasil diatas terjadi diakibatkan keadaan medan yang berbeda. Misalkan saat di rumput robot melaju lebih lambat dari pada dilapangan voli yang permukaannya lebih datar.



Gambar 4.13 Saat robot mendeteksi logam (lapangan Voli Pertamina ITS)

BAB 5

PENUTUP

Dari hasil yang telah didapatkan selama proses pembuatan pengukuran dan pengujian *hardware* dan *software* untuk tugas akhir ini, maka dapat diambil kesimpulan dan saran untuk dapat dilakukan perbaikan dan pengembangan sehingga bisa lebih bermanfaat.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil diperoleh beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Pada pengujian HMC5883L *error* terbesar adalah saat 16,28 derajat. Rata – rata *error* HMC5883L adalah 4,990%.
2. Untuk mendapatkan nilai HMC5883L yang linier digunakan rumus regresi linier.
3. Pengujian GPS U-Blox 7M jika dibandingkan dengan U-Blox M8N memiliki *error* kurang dari 1%.
4. Robot bisa menanjak hingga 30 derajat dan kemiringan hingga 25 derajat
5. Detektor logam dapat mendeteksi logam dengan baik saat jarak kurang dari 15cm.

5.2 Saran

Terkait dengan kendala dan kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, ada beberapa hal yang dapat penulis sarankan untuk pengembangan selanjutnya. Antara lain sebagai berikut:

1. Diperlukan ultrasonik agar robot dapat menghindari dari halangan
2. Diperlukan lebih dari satu detektor logam agar wilayah jangkauan pencarian logam lebih luas
3. Membuat program pemetaan untuk mengetahui lokasi logam yang ditampilkan dilaptop.

Demikian saran yang dapat penulis sampaikan. Semoga dapat bermanfaat untuk ke depannya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Reza Abbaspour - Design and Implementation of Multi-sensor Based Autonomous Minesweeping Robot, International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 2010
- [2] Muhammad Zubair, Muhammad Ahmad Choudhry - Land Mine Detecting Robot Capable of Path Planning, Wseas Transactions on Systems and Control, Issue 4 Volume 6, April 2011
- [3] Ahmad Sulkhan Taufik, Sistem Navigasi Waypoint pada Autonomous Mobile Robot, Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, 2013.
- [4] Bharath J, AUTOMATIC LAND MINE DETECTION AND SWEEPER ROBOT USING MICROCONTROLLER, Department of Electronics and Communication Engineering, Sri Venkateshwara Institute of Science and Technology, Thiruvallur, 2015
- [5] Mohammad S. Sharawi and Mohammad I. Sharawi —Design and implementation of a low cost VLF metal detector with metal- type discrimination capabilities, 2007 IEEE international conference on Signal Processing and Communications (ICSPC- 2007)
- [6] Yin Min Theint, Myo Maung Maung, Hla Myo Tun, Metal Detector By Using PIC Microcontroller Interfacing With PC, INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 4, ISSUE 06, JUNE 2015
- [7] Yanuar M, Membuat Alat Penunjuk Arah atau Kompas HMC5883L, diakses pada tanggal 2 maret 2016 dari <http://kursuselektronikaku.blogspot.co.id/2014/09/membuat-alat-penunjuk-arrah-atau-kompas.html>
- [8] Yanuar M, Cara Mengakses Sensor Magnetometer / Compass GY-273 (HMC5883L), diakses pada tanggal 7 Maret 2016 <http://kursuselektronikaku.blogspot.co.id/2015/07/cara-mengakses-sensor-magnetometer.html>
- [9] Yanuar M, Membuat Alat Pembaca Posisi Tempat Dengan GPS EM411 diakses pada tanggal 9 Maret 2016, <http://kursuselektronikaku.blogspot.co.id/2014/09/membuat-alat-pembaca-posisi-tempat.html>
- [10] The Prof, “phaser” Metal Detector, The Sound of Xnoring.

- [11] Fahmizal, **Tuning Kontroler Pid Line Follower**, diakses pada tanggal 20 April, <https://fahmizaleeits.wordpress.com/tag/line-follower-berbasis-pid/>
- [12] Dave Emery, Construction of Coplanar Search Coil, Geotech, 2003

LAMPIRAN

LM741 Operational Amplifier

1 Features

- Overload Protection on the Input and Output
- No Latch-Up When the Common-Mode Range is Exceeded

2 Applications

- Comparators
- Multivibrators
- DC Amplifiers
- Summing Amplifiers
- Integrator or Differentiators
- Active Filters

3 Description

The LM741 series are general-purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1438, and 748 in most applications.

The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common-mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

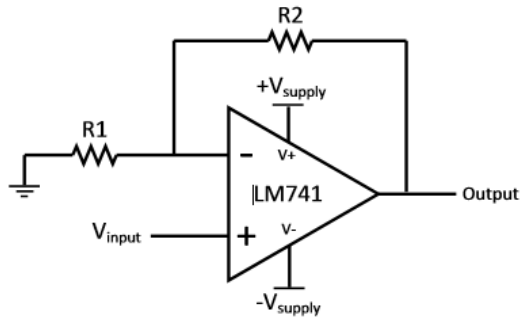
The LM741C is identical to the LM741 and LM741A except that the LM741C has their performance ensured over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM741	TO-99 (8)	9.08 mm × 9.08 mm
	CDIP (8)	10.16 mm × 6.502 mm
	PDIP (8)	9.81 mm × 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Typical Application

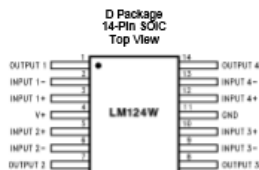
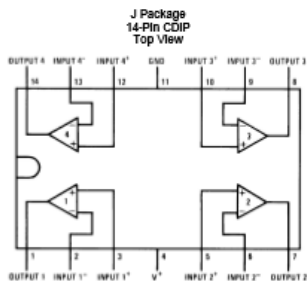


6.1 Absolute Maximum Ratings

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

		MIN	MAX	UNIT
Supply voltage	LM741, LM741A		±22	V
	LM741C		±18	
Power dissipation ⁽⁴⁾			500	mW
Differential input voltage			±30	V
Input voltage ⁽⁵⁾			±15	V
Output short circuit duration			Continuous	
Operating temperature	LM741, LM741A	-50	125	°C
	LM741C	0	70	
Junction temperature	LM741, LM741A		150	°C
	LM741C		100	
Soldering information	PDIP package (10 seconds)		260	°C
	CDIP or TO-99 package (10 seconds)		300	
Storage temperature, T _{stg}		-65	150	°C

5 Pin Configuration and Functions



Pin Functions

PIN		TYPE	DESCRIPTION
NAME	NO.		
OUTPUT1	1	O	Output, Channel 1
INPUT1-	2	I	Inverting Input, Channel 1
INPUT1+	3	I	Noninverting Input, Channel 1
V+	4	P	Positive Supply Voltage
INPUT2+	5	I	Noninverting Input, Channel 2
INPUT2-	6	I	Inverting Input, Channel 2
OUTPUT2	7	O	Output, Channel 2
OUTPUT3	8	O	Output, Channel 3
INPUT3-	9	I	Inverting Input, Channel 3
INPUT3+	10	I	Noninverting Input, Channel 3
GND	11	P	Ground or Negative Supply Voltage
INPUT4+	12	I	Noninverting Input, Channel 4
INPUT4-	13	I	Inverting Input, Channel 4
OUTPUT4	14	O	Output, Channel 4

6 Specifications

6.1 Absolute Maximum Ratings

See (1)(2).

		LM124-N/LM224-N/LM324-N LM124A/LM224A/LM324A		LM2902-N	
		MIN	MAX	MIN	MAX UNIT
Supply Voltage, V^+			32	26	V
Differential Input Voltage			32	26	V
Input Voltage		-0.3	32	-0.3	26 V
Input Current ($V_{IN} < -0.3$ V) ⁽³⁾			50	50	mA
Power Dissipation ⁽⁴⁾	PDIP		1130		1130 mW
	CDIP		1260		1260 mW
	SOC Package		800		800 mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) ⁽⁵⁾	$V^+ \leq 15$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$	Continuous		Continuous	
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)			260		260 °C
Soldering Information	Dual-In-Line Package	Soldering (10 seconds)	260		260 °C
	Small Outline Package	Vapor Phase (60 seconds)	215		215 °C
		Infrared (15 seconds)	220		220 °C
Storage temperature, T_{STG}		-65	150	-65	150 °C

(1) Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124-N military specifications.

(2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

(3) This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than -0.3 V (at 25°C).(4) For operating at high temperatures, the LM324-N/LM324A/LM2902-N must be derated based on a 125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 88°C/W which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224-N/LM224A and LM124-N/LM124A can be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.(5) Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+ . At values of supply voltage in excess of 15 V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

6.2 ESD Ratings

			VALUE	UNIT
V_{ESD}	Electrostatic discharge	Human-body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾	± 250	V

(1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

6.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	MIN	MAX	UNIT
Supply Voltage ($V^+ - V^-$): LM124-N/LM124A/LM224-N/LM224A/LM324-N/LM324A	3	32	V
Supply Voltage ($V^+ - V^-$): LM2902-N	3	26	V
Operating Input Voltage on Input pins	0	V^+	V
Operating junction temperature, T_J : LM124-N/LM124A	-65	125	°C
Operating junction temperature, T_J : L2902-N	-40	85	°C
Operating junction temperature, T_J : LM224-N/LM224A	-25	85	°C
Operating junction temperature, T_J : LM324-N/LM324A	0	70	°C

6.4 Thermal Information

THERMAL METRIC ⁽¹⁾	LM124-N / LM224-N	LM324-N / LM2902-N	UNIT
	J/CDIP	D/SOIC	
	14 PINS	14 PINS	
$R_{\theta JA}$ Junction-to-ambient thermal resistance	88	88	°C/W

(1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *IC Package Thermal Metrics* application report, [SPRA953](#).

6.5 Electrical Characteristics: LM124A/224A/324A

$V^+ = 5.0\text{ V}$, ⁽¹⁾, unless otherwise stated

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM124A			LM224A			LM324A			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}^{(2)}$	1	2		1	3		2	3		mV
Input Bias Current ⁽³⁾	$I_{IN(1)} \text{ or } I_{IN(2)}, V_{CM} = 0\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	20	50		40	80		45	100		nA
Input Offset Current	$I_{IN(1)} \text{ or } I_{IN(2)}, V_{CM} = 0\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	2	10		2	15		5	30		nA
Input Common-Mode Voltage Range ⁽⁴⁾	$V^+ = 30\text{ V}$, (LM2902-N, $V^- = 26\text{ V}$), $T_A = 25^\circ\text{C}$	0	$V^- - 1.5$		0	$V^- - 1.5$		0	$V^- - 1.5$		V
Supply Current	Over Full Temperature Range, $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30\text{ V}$ (LM2902-N $V^- = 26\text{ V}$)	1.5	3		1.5	3		1.5	3		mA
	$V^+ = 5\text{ V}$	0.7	1.2		0.7	1.2		0.7	1.2		
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15\text{ V}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, ($V_O = 1\text{ V}$ to 11 V), $T_A = 25^\circ\text{C}$	50	100		50	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, $V_{CM} = 0\text{ V}$ to $V^- - 1.5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	70	85		70	85		65	85		dB
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5\text{ V}$ to 30 V , (LM2902-N, $V^- = 5\text{ V}$ to 26 V), $T_A = 25^\circ\text{C}$	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling ⁽⁵⁾	$f = 1\text{ kHz}$ to 20 kHz , $T_A = 25^\circ\text{C}$, (Input Referred)	-120			-120			-120			dB
Output Current	Source	$V_{IN}^+ = 1\text{ V}$, $V_{IN}^- = 0\text{ V}$, $V^+ = 15\text{ V}$, $V_O = 2\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	20	40		20	40		20	40	mA
	Sink	$V_{IN}^+ = 1\text{ V}$, $V_{IN}^- = 0\text{ V}$, $V^+ = 15\text{ V}$, $V_O = 2\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	10	20		10	20		10	20	
		$V_{IN}^+ = 1\text{ V}$, $V_{IN}^- = 0\text{ V}$, $V^+ = 15\text{ V}$, $V_O = 200\text{ mV}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	12	50		12	50		12	50	
Short Circuit to Ground	$V^+ = 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}^{(6)}$	40	60		40	60		40	60		mA
Input Offset Voltage	See ⁽⁷⁾		4			4			5		mV
V_{OS} Drift	$R_{\theta} = 0^\circ\text{C}$		7	20		7	20		7	30	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	$I_{IN(1)} - I_{IN(2)}, V_{CM} = 0\text{ V}$			30			30			75	nA

CD4030M/CD4030C Quad EXCLUSIVE-OR Gate

General Description

The EXCLUSIVE-OR gates are monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuits constructed with N- and P-channel enhancement mode transistors. All inputs are protected against static discharge with diodes to V_{DD} and V_{SS} .

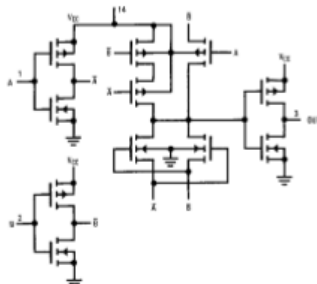
Features

- Wide supply voltage range 3.0V to 15V
- Low power 100 nW (typ.)
- Medium speed operation $t_{PHL} = t_{PLH} = 40$ ns (typ.) at $C_L = 15$ pF, 10V supply
- High noise immunity 0.45 V_{DD} (typ.)

Applications

- Automotive
- Data terminals
- Instrumentation
- Medical electronics
- Industrial controls
- Remote metering
- Computers

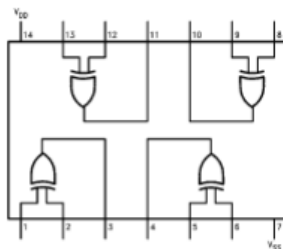
Schematic Diagram



TL/F/5961-1

Connection Diagram

Dual-In-Line Package



Order Number CD4030

TL/F/5961-2

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Voltage at Any Pin (Note 1) $V_{SS} - 0.3V$ to $V_{SS} + 15.5V$

Operating Temperature Range
CD4030M $-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$
CD4030C $-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$

Storage Temperature Range

$-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$

Power Dissipation (P_D)

700 mW

Dual-In-Line

500 mW

Small Outline

Operating V_{DD} Range

$V_{SS} + 3.0V$ to $V_{SS} + 15V$

Lead Temperature
(Soldering, 10 seconds)

260°C

DC Electrical Characteristics CD4030M

Symbol	Parameter	Conditions	Limits									Units
			-55°C			+25°C			+125°C			
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
I_L	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$			0.5 1.0		0.005 0.01	0.5 1.0			30 60	μA μA
P_D	Quiescent Device Dissipation Package	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$			2.5 10		0.025 0.1	2.5 10			150 600	μW μW
V_{OL}	Output Voltage Low Level	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$			0.05 0.05		0 0	0.05 0.05			0.05 0.05	V V
V_{OH}	Output Voltage High Level	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$	4.95 9.95			4.95 9.95	5.0 10		4.95 9.95			V V
V_{NI}	Noise Immunity (All Inputs)	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$	1.5 3.0			1.5 3.0	2.25 4.5		1.4 2.9			V V
V_{NFI}	Noise Immunity (All Inputs)	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$	1.4 2.9			1.5 3.0	2.25 4.5		1.5 3.0			V V
I_{DN}	Output Drive Current N-Channel (Note 2)	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$	0.75 1.5			0.6 1.2	1.2 2.4		0.45 0.9			mA mA
I_{DP}	Output Drive Current P-Channel (Note 2)	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$	-0.45 -0.95			-0.3 -0.65	-0.6 -1.3		-0.21 -0.45			mA mA
I_I	Input Current	$V_I = 0V$ or $V_I = V_{DD}$					10					pA

DC Electrical Characteristics CD4030C

Symbol	Parameter	Conditions	Limits									Units
			-40°C			+25°C			+85°C			
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
I _L	Quiescent Device Current	V _{DD} = 5.0V V _{DD} = 10V			5.0 10		0.05 0.1	5.0 10			70 140	μA μA
P _D	Quiescent Device Dissipation Package	V _{DD} = 5.0V V _{DD} = 10V			25 100		0.25 1.0	25 100			350 1,400	μW μW
V _{OL}	Output Voltage Low Level	V _{DD} = 5.0V V _{DD} = 10V			0.05 0.05		0 0	0.05 0.05			0.05 0.05	V V
V _{OH}	Output Voltage High Level	V _{DD} = 5.0V V _{DD} = 10V	4.95 9.95			4.95 9.95	5.0 10		4.95 9.95			V V
V _{NI}	Noise Immunity (All Inputs)	V _{DD} = 5.0V V _{DD} = 10V	1.5 3.0			1.5 3.0	2.25 4.5		1.4 2.9			V V
V _{NFI}	Noise Immunity (All Inputs)	V _{DD} = 5.0V V _{DD} = 10V	1.4 2.9			1.5 3.0	2.25 4.5		1.5 3.0			V V
I _{QNI}	Output Drive Current N-Channel (Note 2)	V _{DD} = 5.0V V _{DD} = 10V	0.35 0.7			0.3 0.6	1.2 2.4		0.25 0.5			mA mA
I _{QP}	Output Drive Current P-Channel (Note 2)	V _{DD} = 5.0V V _{DD} = 10V	-0.21 -0.45			-0.15 -0.32	-0.6 -1.3		-0.12 -0.25			mA mA
I _I	Input Current	V _I = 0V or V _I = V _{DD}					10					pA

AC Electrical Characteristics* CD4030M

Symbol	Parameter	Conditions	Limits			Units
			Min	Typ	Max	
t_{PHL}	Propagation Delay Time	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$		100 40	200 100	ns ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$		100 40	200 100	ns ns
t_{THL}	Transition Time High to Low Level	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$		70 25	150 75	ns ns
t_{TLH}	Transition Time Low to High Level	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$		80 30	150 75	ns ns
C_I	Input Capacitance	$V_I = 0V$ or $V_I = V_{DD}$		5.0		pF

*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

AC Electrical Characteristics* CD4030C

Symbol	Parameter	Conditions	Limits			Units
			Min	Typ	Max	
t_{PHL}	Propagation Delay Time	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$		100 40	300 150	ns ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$		100 40	300 150	ns ns
t_{THL}	Transition Time High to Low Level	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$		70 25	300 150	ns ns
t_{TLH}	Transition Time Low to High Level	$V_{DD} = 5.0V$ $V_{DD} = 10V$		80 30	300 150	ns ns
C_I	Input Capacitance	$V_I = 0V$ or $V_I = V_{DD}$		5.0		pF

*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

Note 1: This device should not be connected to circuits with power on because high transient voltages may cause permanent damage.

Note 2: t_{PH} and t_{PL} are tested one output at a time.

Truth Table (For One of Four Identical Gates)

A	B	J
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Where: "1" = High Level

"0" = Low Level

Komponen pada robot



Listing Program

```
'program BascomAVR
$regfile = "m32def.dat"
'$crystal = 11059200
$crystal = 16000000
$baud = 9600

$eeprom
$data

Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portc.4 , Db5 = Portc.5 , Db6 = Portc.6 , Db7 =
    Portc.7 , E = Portc.3 , Rs = Portc.2
config lcdbus = 4
Config Lcd = 20 * 4

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Aref
Config Single = Scientific , Digits = 5
start adc

'-----inisialisasi pwm-----

Config Timer1 = Pwm , Pwm = 10 , Prescale = 64 , Compare A Pwm = Clear Up
    , Compare B Pwm = Clear Up
'pwm dengan settingan fast pwm 10 bit

'metal detektor
dim baca_adc as integer
dim hasil_adc as integer

'gps
Dim Nss As String * 2 , Nsm As String * 2 , Nsd As String * 8 , Sat As String *
    2
Dim Ews As String * 3 , Ewm As String * 2 , Ewd As String * 8
Dim Hh As String * 2 , Hh2 As Byte , Mm As String * 2 , Ss As String * 2
Dim Ns As String * 1 , Ew As String * 1 , Dw As String * 6
Dim Przecinek As Byte , P As Byte
Dim Run As Byte , Gpgga As Byte , Cntr As Byte , Tudr As Byte , Ok As Bit
dim satelit as Byte
Dim Latdeg As Byte , Latmin As Byte , Latdet As Long , Latmin2 As Single ,
    Latmin3 As Single , Latdet2 As Single , Lathasil As Single
Dim Lngdeg As Byte , Lngmin As Byte , Lngdet As Long , Lngmin2 As Single ,
    Lngmin3 As Single , Lngdet2 As Single , Lnghasil As Single
Dim Latc As Single , Lati(11) As Single , Lathome As Single , Lata(11) As Single
```

```

Dim Longc As Single , Longi(11) As Single , Longhome As Single , Longa(11)
    As Single
Dim Waypoint As Byte
Dim Jarak As Single
dim gain as single
dim gps as long
'compass
Dim Hmc_x As Integer
Dim Hmc_xl As Byte At Hmc_x + 0 Overlay
Dim Hmc_xh As Byte At Hmc_x + 1 Overlay

Dim Hmc_y As Integer
Dim Hmc_yl As Byte At Hmc_y + 0 Overlay
Dim Hmc_yh As Byte At Hmc_y + 1 Overlay

Dim Hmc_z As Integer
Dim Hmc_zl As Byte At Hmc_z + 0 Overlay
Dim Hmc_zh As Byte At Hmc_z + 1 Overlay
Dim Hmc_status As Byte

Dim E1 As Single , E2 As Single
Dim X As Single
Dim Y As Single
Dim Z As Single
Dim Angle As Single , Heading As Single

'timer0
dim T as byte
dim flaga1 as bit
dim flaga2 as bit
dim flaga3 as bit
Ddrb = &B11111111

Const Hmc_w = &H3C
Const Hmc_r = &H3D
gain = 2.84

```

```

'-----
Declare Sub Baca_compass
Declare Sub Baca_gps

```



```

Declare Sub Longitude(byval Longa As Single , Longb As Single)
Declare Sub Latitude(byval Lata As Single , Latb As Single)
Declare Sub Kontrol_motor
Declare Sub Arah_compass(byval Lati_a As Single , Lati_b As Single , Longi_a
    As Single , Longi_b As Single)
'Declare Sub Hasiljarak(byval Lati_c As Single , Lati_d As Single , Longi_c As
    Single , Longi_d As Single)
Declare Function Kurangi(byval A As Single , B As Single ) As Single

' adc metal detektor
Baca_adc = Getadc(0)
writeeprom baca_adc,0
readeprom baca_adc,0
'=====[ Misc. config ]=====

Config Scl = Portc.0
Config Sda = Portc.1
Config Twi = 400000
I2cinit
Portb.0 = 1
Portb.1 = 0
Portb.2 = 0
Portb.3 = 1
'pump motor
Portb.4 = 0

Waypoint = 0
Cls
Cursor Off
Locate 1 , 1
Lcd "Metal Detector robot"
Wait 1
Cls
Run = 1 : Reset Ok

Gosub Hmc_initialize

'program utama

do

incr gps

```

```

if gps=30 then

gps=0

endif
locate 4,16
lcd gps

Call Baca_gps
Call Baca_compass

hasil_adc= baca_adc-getadc(0)
'lapangan dekat parkir mesin
Lati(1) = -7.28452
Longi(1) = 112.79738

Lati(2) = -7.28430
Longi(2) = 112.79738

Lati(3) = -7.28430
Longi(3) = 112.79740

Lati(4) = -7.28452
Longi(4) = 112.79740

Lati(5) = -7.28452
Longi(5)= 112.79742

Lati(6) = -7.28430
Longi(6)= 112.79742

Lati(7) = -7.28430
Longi(7)= 112.79744

Lati(8) = -7.28452
Longi(8)= 112.79744

Lati(9) = -7.28452
Longi(9) = 112.79746

Lati(10) = -7.28430
Longi(10)= 112.79746

```

Lathome = -7.28452
Longhome = 112.79738

'lapangan pertamina
'(
Lati(1) = -7.28416
Longi(1) = 112.79216

Lati(2) = -7.28433
Longi(2) = 112.79216

Lati(3) = -7.28433
Longi(3) = 112.79218

Lati(4) = -7.28416
Longi(4) = 112.79218

Lati(5) = -7.28416
Longi(5)= 112.79220

Lati(6) = -7.28433
Longi(6)= 112.79220

Lati(7) = -7.28433
Longi(7)= 112.79222

Lati(8) = -7.28416
Longi(8)= 112.79222

Lati(9) = -7.28416
Longi(9) = 112.79224

Lati(10) = -7.28433
Longi(10)= 112.79224

Lathome = -7.28405
Longhome = 112.79221

)
'(
'lapangan futsal PLN
Lati(1) = -7.28715
Longi(1) = 112.79273
'Lat1 = -7.27933

'Long1 = 112.78778

Lati(2) = -7.28716

Longi(2) = 112.79282

Lati(3) = -7.28740

Longi(3) = 112.79281

Lati(4) = -7.28738

Longi(4) = 112.79273

Lathome = -7.28727

Longhome = 112.79278

)

('

'lapangan futsal elektro

Lat1 = -7.28550

Long1 = 112.79615

'Lat1 = -7.27933

'Long1 = 112.78778

Lat2 = -7.28561

Long2 = 112.79613

Lat3 = -7.28557

Long3 = 112.79596

Lat4 = -7.28550

Long4 = 112.79597

Lathome = -7.28549

Longhome = 112.79607

)

('

'parkir mobil dosen its

Lat1 = -7.28510

Long1 = 112.79625

'Lat1 = -7.27933

'Long1 = 112.78778

Lat2 = -7.28510

Long2 = 112.79596

Lat3 = -7.28514

Long3 = 112.79596

Lat4 = -7.28514

Long4 = 112.79625

Lathome = -7.28518

Longhome = 112.79634

)

Lata(1) = Kurangi(lathasil , Lati(1))
 Longa(1) = Kurangi(Inghasil , Longi(1))
 Lata(2)= Kurangi(lathasil , Lati(2))
 Longa(2) = Kurangi(Inghasil , Longi(2))
 Lata(3) = Kurangi(lathasil , Lati(3))
 Longa(3) = Kurangi(Inghasil , Longi(3))
 Lata(4)= Kurangi(lathasil , Lati(4))
 Longa(4) = Kurangi(Inghasil , Longi(4))
 Lata(5) = Kurangi(lathasil , Lati(5))
 Longa(5) = Kurangi(Inghasil , Longi(5))
 Lata(6) = Kurangi(lathasil , Lati(6))
 Longa(6) = Kurangi(Inghasil , Longi(6))
 Lata(7)= Kurangi(lathasil , Lati(7))
 Longa(7) = Kurangi(Inghasil , Longi(7))
 Lata(8) = Kurangi(lathasil , Lati(8))
 Longa(8) = Kurangi(Inghasil , Longi(8))
 Lata(9)= Kurangi(lathasil , Lati(9))
 Longa(9) = Kurangi(Inghasil , Longi(9))
 Lata(10) = Kurangi(lathasil , Lati(10))
 Longa(10) = Kurangi(Inghasil , Longi(10))
 Lata(11) = Kurangi(lathasil , Lathome)
 Longa(11) = Kurangi(Inghasil , Longhome)

'
 Lat6a = Kurangi(lathasil , Lat2)
 Long6a = Kurangi(Inghasil , Long2)
 Lat7a = Kurangi(lathasil , Lat3)
 Long7a = Kurangi(Inghasil , Long3)
 Lat8a = Kurangi(lathasil , Lat4)
 Long8a = Kurangi(Inghasil , Long4)
 Lat9a = Kurangi(lathasil , Lathome)
 Long9a = Kurangi(Inghasil , Longhome)
 Lat10a = Kurangi(lathasil , Lathome)
 Long10a = Kurangi(Inghasil , Longhome)
 ')'

Locate 2 , 1
 lcd chr(2); Angle ; " "

Locate 2 , 6
 lcd "sat";satelit ; " "

locate 2 , 16

```
lcd heading;" "
```

```
Locate 3 ,1
```

```
Lcd "adc";hasil_adc ; ","; getadc(0)
```

```
Locate 4 ,1
```

```
Lcd "pwm";Pwm1a;"",";Pwm1b;" "
```

```
if satelit<3 then
```

```
cls
```

```
do
```

```
locate 2,1
```

```
lcd " "
```

```
waitms 300
```

```
locate 2,1
```

```
lcd " GPS SEARCHING... "
```

```
waitms 300
```

```
Portb.0 = 0
```

```
Portb.1 = 0
```

```
Portb.2 = 0
```

```
Portb.3 = 0
```

```
loop until satelit>=3
```

```
else
```

```
Portb.0 = 1
```

```
Portb.1 = 0
```

```
Portb.2 = 0
```

```
Portb.3 = 1
```

```
endif
```

```
If Waypoint = 0 Then
```

```
Locate 2 , 11
```

```
Lcd "way1"
```

```
Locate 1 , 1
```

```
' Lcd Lat5 ; " "
```

```
' Locate 2 , 1
```

```
' Lcd Long5 ; " "
```

```
Call Arah_compass(lathasil , Lati(1) , Lnghasil , Longi(1))
```

```
Call Kontrol_motor
```

```

If Longa(1) <= 0.00001 And Lata(1) <= 0.00001 Then
    Waypoint = 1
End If

Elseif Waypoint = 1 Then
    Locate 2 , 11
    Lcd "way2"
    'Locate 1 , 1
    ' Lcd Lat6 ; " "
    ' Locate 2 , 1
    ' Lcd Long6 ; " "
    Call Arah_compass(lathasil , Lati(2) , Lnghasil , Longi(2))
    Call Kontrol_motor
    If Longa(2) <= 0.00001 And Lata(2) <= 0.00001 Then
        Waypoint = 2
    End If

Elseif Waypoint = 2 Then
    Locate 2 , 11
    Lcd "way3"
    'Locate 1 , 1
    ' Lcd Lat7 ; " "
    ' Locate 2 , 1
    ' Lcd Long7 ; " "
    Call Arah_compass(lathasil , Lati(3) , Lnghasil , Longi(3))
    Call Kontrol_motor
    If Longa(3) <= 0.00001 And Lata(3) <= 0.00001 Then
        Waypoint = 3
    End If

Elseif Waypoint = 3 Then
    Locate 2 , 11
    Lcd "way4"
    'Locate 1 , 1
    ' Lcd Lat8 ; " "
    ' Locate 2 , 1
    ' Lcd Long8 ; " "
    Call Arah_compass(lathasil , Lati(4) , Lnghasil , Longi(4))
    Call Kontrol_motor
    If Longa(4) <= 0.00001 And Lata(4) <= 0.00001 Then
        Waypoint = 4
    End If

```

```

Elseif Waypoint = 4 Then
    Locate 2 , 11
    Lcd "way5"
' Locate 1 , 1
' Lcd Lat9 ; " "
' Locate 2 , 1
' Lcd Long9 ; " "
Call Arah_compass(lathasil , Lati(5) , Lnghasil , Longi(5))
Call Kontrol_motor
If Longa(5)<= 0.00001 And Lata(5) <= 0.00001 Then
    Waypoint = 5
End If

```

```

Elseif Waypoint = 5 Then
    Locate 2 , 11
    Lcd "way6"
' Locate 1 , 1
' Lcd Lat9 ; " "
' Locate 2 , 1
' Lcd Long9 ; " "
Call Arah_compass(lathasil , Lati(6) , Lnghasil , Longi(6))
Call Kontrol_motor
If Longa(6)<= 0.00001 And Lata(6) <= 0.00001 Then
    Waypoint = 6

```

End If

```

Elseif Waypoint = 6 Then
    Locate 2 , 11
    Lcd "way7"
' Locate 1 , 1
' Lcd Lat9 ; " "
' Locate 2 , 1
' Lcd Long9 ; " "
Call Arah_compass(lathasil , Lati(7) , Lnghasil , Longi(7))
Call Kontrol_motor
If Longa(7)<= 0.00001 And Lata(7) <= 0.00001 Then
    Waypoint = 7

```

End If

```

Elseif Waypoint = 7 Then
    Locate 2 , 11

```



```

    Lcd "way8"
' Locate 1 , 1
' Lcd Lat9 ; "  "
' Locate 2 , 1
' Lcd Long9 ; "  "
Call Arah_compass(lathasil , Lati(8) , Lnghasil , Longi(8))
Call Kontrol_motor
If Longa(8)<= 0.00001 And Lata(8) <= 0.00001 Then
    Waypoint = 8

End If

Elseif Waypoint = 8 Then
    Locate 2 , 11
    Lcd "way9"
' Locate 1 , 1
' Lcd Lat9 ; "  "
' Locate 2 , 1
' Lcd Long9 ; "  "
Call Arah_compass(lathasil , Lati(9) , Lnghasil , Longi(9))
Call Kontrol_motor
If Longa(9)<= 0.00001 And Lata(9) <= 0.00001 Then
    Waypoint = 9

End If

Elseif Waypoint = 9 Then
    Locate 2 , 11
    Lcd "way10"
' Locate 1 , 1
' Lcd Lat9 ; "  "
' Locate 2 , 1
' Lcd Long9 ; "  "
Call Arah_compass(lathasil , Lati(10) , Lnghasil , Longi(10))
Call Kontrol_motor
If Longa(10)<= 0.00001 And Lata(10) <= 0.00001 Then
    Waypoint = 10

End If

Elseif Waypoint = 10 Then
    Locate 2 , 11
    Lcd "wayH"

```

```

' Locate 1 , 1
' Lcd Lat9 ; " "
' Locate 2 , 1
' Lcd Long9 ; " "
Call Arah_compass(lathasil , Lathome , Lnghasil , Longhome)
Call Kontrol_motor
If Longa(11)<= 0.00001 And Lata(11) <= 0.00001 Then
    stop

End If

End If

loop

Sub Baca_gps()
While Ok = 0 : Wend
Reset Ok

Latmin2 = Latmin + Latdet2
Latmin3 = Latmin2 / 60
Lathasil = Latdeg + Latmin3

Lngmin2 = Lngmin + Lngdet2
Lngmin3 = Lngmin2 / 60
Lnghasil = Lngdeg + Lngmin3

If Ns = "S" Or Ns = "s" Then
    Lathasil = Lathasil * -1
Elseif Ns = "N" Or Ns = "n" then
    Lathasil = Abs(lathasil)
End If

Locate 1 , 1
Lcd chr (0)
Locate 1 , 2
Lcd Lathasil ; " "
Locate 1 , 11

Lcd Lnghasil ;

End Sub

```

```

Sub Baca_compass()
Gosub Hmc_readdata
Gosub Hmc_readstatus

' convert integer to float

X = Hmc_x
Y = Hmc_y
Z = Hmc_z

Angle = Atn2(y , X)                                'deklanasi surabaya
'untuk mendapatkan sudut utara geografi
Angle = Angle * 57.29578
' Angle = Angle + 180

'Angle = Angle - 90

'jika output sensor salah maka lakukan kalibrasi dengan regresi linier
'catat output sudut sensor dan sesuaikan dengan busur drajat
'catat di ms.Exel lalu tampilkan grafik
'pilih menu linier dan akan terlihat rumusnya
'maka akan tampil seperti rumus (misal)  $y = 0.971x - 20.62$ 
'lalu masukkan kedalam program

Angle = Angle - 5.4996
Angle = Angle / 1.015

If Angle < 0 Then
    Angle = Angle + 360
Elseif Angle > 360 Then
    Angle = Angle - 360
End If

'Locate 1 , 12
'Lcd Angle ; " "
End Sub

'menentukan arah kompas sesuai latlong awal dengan latlong tujuan
Sub Arah_compass(byval Lati_a As Single , Lati_b As Single , Longi_a As Single
, Longi_b As Single)
Local Latihasil As Single , Longihasil As Single
Latihasil = Lati_b - Lati_a

```

Longihasil = Longi_b - Longi_a

'heading sebagai set point

Heading = Atn2(latihasil , Longihasil)

Heading = Heading * 57.29578

Heading = Heading - 180

Heading = Abs(heading)

Heading = Heading - 90

'Heading = Heading - 90

If Heading < 0 Then

 Heading = Heading + 360

Elseif Heading > 360 Then

 Heading = Heading - 360

End If

End Sub

Sub Kontrol_motor()

Local Head_a As Single , Head_b As Single

Head_a = Heading - 180

Head_b = Heading + 180

E1 = Heading - Angle

E1 = Abs(e1)

'karena error max 180 maka dikali 2,84 agar maks 512 dan ditambahkan 512.
 karena kecepatan pwm max 1024

E1 = E1 * gain

'jika heading >180 maka

If Head_a > 0 Then

' misal heading 210 saat angel 45 maka $0 - 45 = -45$, $210 + -45 = 170$ (error)

 E2 = 0 - Angle

 E2 = Heading + E2

'jika heading <180 maka

Elseif Head_a < 0 Then

'misal heading 80 saat angel 270 maka $360 - 270 = 90$, $80 + 90 = 170$ (error)

 E2 = 360 - Angle

 E2 = Heading + E2

End If

E2= abs(E2)

E2 = E2 * gain

'mencari error tengah2 dari 360 supaya bisa membedakan kecepatan motor kanan dan kiri

' misal heading 120

'ke kiri atau ke kanan? 512 setengah kecepatan motor dari 1024

If Heading < 180 Then

'antara 120 sampai 120 +180 = 300

If Angle > Heading And Angle < Head_b Then

Pwm1a = 512 + E1

Pwm1b = 512 - E1

if pwm1a > 612 AND pwm1b < 412 then

Portb.0 = 0

Portb.1 = 1

Portb.2 = 0

Portb.3 = 1

pwm1a=1023

pwm1b=1023

else

Portb.0 = 1

Portb.1 = 0

Portb.2 = 0

Portb.3 = 1

Pwm1a = Pwm1a *2

Pwm1b = Pwm1b *2

endif

'antara 0 sampai 120. antara 120 sisa 60

Elseif Angle > 0 And Angle < Heading Then

Pwm1a = 512 - E1 'motor kanan

Pwm1b = 512 + E1

if pwm1a < 412 and pwm1b > 612 then

Portb.2 = 1

Portb.3 = 0

Portb.0 = 1

Portb.1 = 0

pwm1a=1023

pwm1b=1023

else

Portb.0 = 1

Portb.1 = 0

Portb.2 = 0

```

    Portb.3 = 1
    Pwm1a = Pwm1a *2
    Pwm1b = Pwm1b *2
endif

' sisa 60 di atas. antara 120 +180 = 300 sampai 360
Elseif Angle > Head_b And Angle < 360 Then
    Pwm1a = 512 - E2
    Pwm1b = 512 + E2
    if pwm1a < 412 and pwm1b > 612 then
        Portb.0 = 1
        Portb.1 = 0
        Portb.2 = 1
        Portb.3 = 0
        pwm1a=1023
        pwm1b=1023
    else
        Portb.0 = 1
        Portb.1 = 0
        Portb.2 = 0
        Portb.3 = 1
        Pwm1a = Pwm1a *2
        Pwm1b = Pwm1b *2
    endif
    'motor kanan
    'motor kiri

End If

' misal heading 210
Elseif Heading > 180 Then
    ' antara 210-180=30 sampai 210 maka belok kiri
    'pwma kanan pwmb kiri
    If Angle > Head_a And Angle < Heading Then
        Pwm1a = 512 - E1
        Pwm1b = 512 + E1
        if pwm1a < 412 and pwm1b > 612 then
            Portb.0 = 1
            Portb.1 = 0
            Portb.2 = 1
            Portb.3 = 0

            pwm1a=1023
            pwm1b=1023

```

```

else
    Portb.0 = 1
    Portb.1 = 0
    Portb.2 = 0
    Portb.3 = 1
    Pwm1a = Pwm1a *2
    Pwm1b = Pwm1b *2
endif

                                'motor kanan
                                'motor kiri
'antara 210 sampai 360 .antara 150 sisa 30
Elseif Angle > Heading And Angle < 360 Then
    Pwm1a = 512 + E1                                'motor kanan
    Pwm1b = 512 - E1
    if pwm1a > 612 and pwm1b < 412 then
        Portb.0 = 0
        Portb.1 = 1
        Portb.2 = 0
        Portb.3 = 1
        pwm1a=1023
        pwm1b=1023
    else
        Portb.0 = 1
        Portb.1 = 0
        Portb.2 = 0
        Portb.3 = 1
        Pwm1a = Pwm1a *2
        Pwm1b = Pwm1b *2
    endif

                                'motor kiri
' sisa 30 di atas. 0 sampai 30
Elseif Angle > 0 And Angle < Head_a Then
    Pwm1a = 512 - E2                                'motor kanan
    Pwm1b = 512 + E2                                'motor kiri
    if pwm1a > 612 and pwm1b < 412 then
        Portb.0 = 0
        Portb.1 = 1
        Portb.2 = 0
        Portb.3 = 1
        pwm1a=1023
        pwm1b=1023
    else

```

```

        Portb.0 = 1
        Portb.1 = 0
        Portb.2 = 0
        Portb.3 = 1
        Pwm1a = Pwm1a *2
        Pwm1b = Pwm1b *2
    endif

    End If
End If

if hasil_adc<=-4 then
    Pwm1a = Pwm1a
    Pwm1b = Pwm1b

    Portb.4 = 1

else

    Portb.4 = 0
endif

End Sub

Function Kurangi(byval A As Single , B As Single ) As Single
Local E As Single
E = A - B
E = Abs(e)

Kurangi = E
End Function

'('
'jarak(meter) =arccos(sin o1 . sin o2 + cos o1 . cos o2 . cos At)R
'o1=lat aktual, o2= lat tujuan , At=long tujuan-long aktual, R = 6371000
Sub Hasiljarak(byval Lati_c As Single , Lati_d As Single , Longi_c As Single ,
                Longi_d As Single)
'c = aktual , d = tujuan
Local Tetalong As Single , Sinlat As Single , Coslat As Single , Latlong As Single
                , Lati1_c As Single , Lati2_c As Single , , Lati1_d As Single ,
                Lati2_d As Single , Longi1_c As Single ,
    Lati1_c = Lati_d - Lati_c
    Longi1_c = Longi_d - Longi_c

```



```

Lati1_c = Lati_d - Lati_c
Lati1_c = Lati1_c * 100000
Lati1_c = Lati1_c ^ 2
Longi1_c = Longi_d - Longi_c
Longi1_c = Longi1_c * 100000
Longi1_c = Longi1_c ^ 2
Latlong = Lati1_c + Longi1_c
Latlong = Sqr(latlong)
Jarak = Latlong

```

```

Longi_c = Longi_c / 57.29578
Longi_d = Longi_d / 57.29578
Tetalong = Longi_d - Longi_c
Tetalong = Cos(tetalong)

```

```

Lati_c = Lati_c / 57.29578
Lati2_c = Sin(lati_c)
Lati1_c = Cos(lati_c)

```

```

Lati_d = Lati_d / 57.29578
Lati2_d = Sin(lati_d)
Lati1_d = Cos(lati_d)

```

```

Sinlat = Lati2_c * Lati2_d
Coslat = Lati1_c * Lati1_d
Coslat = Coslat * Tetalong
Latlong = Sinlat + Coslat
Latlong = Acos(latlong)
Latlong = Latlong * 6371
Jarak = Latlong

```

```

End Sub
')
'menerima data dari gps
Uart_rx:
If Run <> 0 Then
Run = Udr Xor 36
If Run = 0 Then
Cntr = 0
Nss = ""
Nsm = ""
Nsd = ""

```

```

Ews = ""
Ewm = ""
Ewd = ""
Sat = ""
Ns = ""
Ew = ""
Dw = ""
Hh = ""
Mm = ""
Ss = ""

End If
Else
'liat datasheet ublox 7m
Select Case Cntr
Case 0 To 4
Tudr = Lookup(cntr , Gga)
'untuk memilih data pada baris "GPGGA"

Run = Udr Xor Tudr
Case 6 To 7
Hh = Hh + Chr(udr)
'UTC Time: "Hour"

Case 8 To 9
Mm = Mm + Chr(udr)
'UTC Time: "minutes"

Case 10 To 11
Ss = Ss + Chr(udr)
'UTC Time: "seconds"

Case 16 To 17
Nss = Nss + Chr(udr)
Latdeg = Val(nss)

'latitude degree

Case 18 To 19
Nsm = Nsm + Chr(udr)
Latmin = Val(nsm)

'latitude  minute

```

Case 21 To 25

$Nsd = Nsd + Chr(udr)$

$Latdet = Val(nsd)$

$Latdet2 = Latdet / 100000$

'latitude second, karena pakek ublox maka = menit

Case 27

$Ns = Ns + Chr(udr)$

'stuff latitude flag

Case 29 To 31

$Ews = Ews + Chr(udr)$

$Lngdeg = Val(ews)$

'longitude degree

Case 32 To 33

$Ewm = Ewm + Chr(udr)$

$Lngmin = Val(ewm)$

'longitude minute

Case 35 To 39

$Ewd = Ewd + Chr(udr)$

$Lngdet = Val(ewd)$

$Lngdet2 = Lngdet / 100000$

'longitude second, karena pakek ublox maka = menit

Case 40

$Ew = Ew + Chr(udr)$

'stuff longitude flag

Case 45 To 46

$Sat = Sat + Chr(udr)$

$satelit=Val(sat)$

Case 51 To 54

$Dw = Dw + Chr(udr)$

Case 55

Set Ok : Run = 1

Case Else

Tudr = Udr

End Select

Incr Cntr

End If

Hmc_initialize:

```
I2cstart
I2cwbyte Hmc_w
I2cwbyte &H00
I2cwbyte &B0101_1000
I2cwbyte &H0010_0000
I2cwbyte &H0000_0000
I2cstop
```

Return

'-----

'=====[Read HMC Compass]=====

Hmc_readstatus:

' Read HMC Compass status

```
I2cstart
I2cwbyte Hmc_w
I2cwbyte &H09
I2cstart
I2cwbyte Hmc_r
I2crbyte Hmc_status , Nack
I2cstop
```

Return

'-----

'=====[Read HMC Compass]=====

Hmc_readdata:

```
I2cstart
I2cwbyte Hmc_w
I2cwbyte &H03
I2cstart
I2cwbyte Hmc_r
I2crbyte Hmc_xh , Ack
I2crbyte Hmc_xl , Ack
```

I2crbyte Hmc_zh , Ack
 I2crbyte Hmc_zl , Ack
 I2crbyte Hmc_yh , Ack
 I2crbyte Hmc_yl , Nack
 I2cstop

Return

'GPS statement, the head of ASCII code

Gga:

Data 71 , 80 , 71 , 71 , 65 'GPGGA

Vtg:

Data 71 , 80 , 86 , 84 , 71 'GPVTG

Rmc:

Data 71 , 80 , 82 , 77 , 67 'GPRMC

Deflcdchar 0,18,12,13,18,5,32,32,32' replace [x] with number (0-7)

Deflcdchar 1,14,17,21,17,10,4,4,4' replace [x] with number (0-7)

Deflcdchar 2,32,4,14,31,4,4,4,32' replace [x] with number (0-7)

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Kresna Tri Jayanto Siswadi. dilahirkan di Bandung, pada tanggal 9 Januari 1992. Merupakan putra ketiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak Siswadi dan Ibu Dewi Suryanisari Wijaya. Penulis menamatkan sekolah di SDN Tlogo I tahun 2005. Kemudian masuk ke SMPN 3 Blitar, tamat tahun 2008. Melanjutkan di SMAN 1 Blitar pada tahun 2008. Tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikan di D3 Teknik Elektro FTI (Fakultas Teknologi Industri), ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) Surabaya dan tamat pada tahun 2014. Selanjutnya penulis mengambil pendidikan S1 program Lintas Jalur di bidang dan tempat yang sama yaitu Jurusan Teknik Elektro, FTI - ITS Surabaya pada pertengahan tahun 2014. Penulis memilih bidang studi Elektronika dan mengambil topik Tugas Akhir di Laboratorium Mikrokontroler dan Mikroprosesor.

E-mail :kresnatri@gmail.com

Halaman ini sengaja dikosongkan

